

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局(43) 国際公開日
2002 年 7 月 11 日 (11.07.2002)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 02/053746 A1(51) 国際特許分類:
C12P 7/04, C12N 1/19, 1/21

C12N 15/52,

(72) 発明者; および

(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 大音 徳 (OHTO, Chikara) [JP/JP]; 〒471-8571 愛知県 豊田市 トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 小畑 充生 (OBATA, Shusei) [JP/JP]; 〒471-8571 愛知県 豊田市 トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 村松 正善 (MURAMATSU, Masayoshi) [JP/JP]; 〒471-8571 愛知県 豊田市 トヨタ町 1 番地 トヨタ自動車株式会社内 Aichi (JP). 仁志 聖彦 (NISHI, Kiyohiko) [JP/JP]; 〒840-2193 佐賀県 佐賀郡 諸富町 大字 諸富津 4 5 0 番地 味の素株式会社 九州工場内 Saga (JP). 戸塚 一彦 (TOTSUKA, Kazuhiko) [JP/JP]; 〒104-8315 東京都 中央区 京橋一丁目 1 5 番 1 号 味の素株式会社内 Tokyo (JP).

(21) 国際出願番号:

PCT/JP01/11214

(22) 国際出願日:

2001 年 12 月 20 日 (20.12.2001)

(25) 国際出願の言語:

日本語

(26) 国際公開の言語:

日本語

(30) 優先権データ:

特願 2000-403067

2000 年 12 月 28 日 (28.12.2000) JP

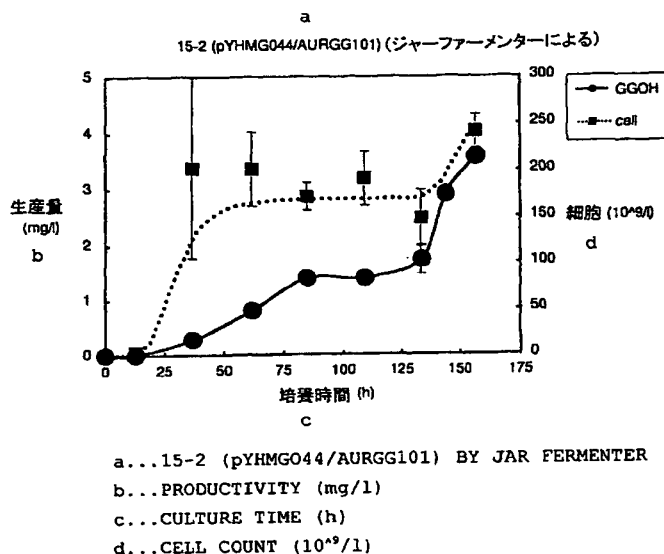
(71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): トヨタ自動車株式会社 (TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA) [JP/JP]; 〒471-8571 愛知県 豊田市 トヨタ町 1 番地 Aichi (JP).

(74) 代理人: 平木 祐輔, 外 (HIRAKI, Yusuke et al.); 〒105-0001 東京都 港区 虎ノ門一丁目 17 番 1 号 虎ノ門 5 森ビル 3 階 Tokyo (JP).

[続葉有]

(54) Title: PROCESS FOR PRODUCING PRENYL ALCOHOL

(54) 発明の名称: プレニルアルコールの製造方法



(57) Abstract: A process for producing prenyl alcohol characterized by comprising constructing a recombinant by transferring an expression recombinant DNA or a DNA for genome integration, which contains prenyl diphosphate synthase gene or a variant gene thereof, into a host, culturing the resultant recombinant and then collecting prenyl alcohol from the culture medium thus obtained.

(57) 要約:

プレニルニリン酸合成酵素遺伝子又はその変異型遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA を、宿主に導入して組換え体を作製し、該組換え体を培養した後、得られる培養物からプレニルアルコールを採取することを特徴とするプレニルアルコールの製造方法。



(81) 指定国 (国内): CA, CN, IN, JP, US.

(84) 指定国 (広域): ヨーロッパ特許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR).

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

添付公開書類:

— 国際調査報告書

明 細 書

プレニルアルコールの製造方法

技術分野

本発明は、プレニルアルコールの製造方法に関する。

背景技術

生体内でのテルペノイド（イソプレノイド）合成は、アリル性ニリン酸基質にイソペンテニルニリン酸（isopentenyl diphosphate）（IPP, C₅）を順次縮合することによって直鎖プレニルニリン酸であるゲラニルニリン酸（geranyl diphosphate (GPP, C₁₀)), ファルネシルニリン酸（farnesyl diphosphate (FPP, C₁₅)), ゲラニルゲラニルニリン酸（geranylgeranyl diphosphate (GGPP, C₂₀)) が生合成されるところから始まる（図 1）。図 1 において、枠で囲まれた文字が酵素を表す。hmgR はヒドロキシメチルグルタリル-CoA (hydroxymethyl glutaryl-CoA : HMG-CoA) 還元酵素、GGPS は GGPP 合成酵素、FPS は FPP 合成酵素を示す。

プレニルニリン酸のなかでも、FPP は最も重要な生合成中間体であり、膨大な種類のテルペノイド類、例えば、エルゴステロール（プロビタミン D₂）を含むステロイド類、キノン（ビタミン K, VK）の側鎖、セスキテルペン類、スクアレン（SQ）、ファルネシル化タンパク質のアンカー分子、天然ゴムなどの合成前駆体である。

GGPP もまた、生体内では重要な生合成中間体であり、レチノール（ビタミン A, VA）、β-カロテン（プロビタミン A）、フィロキノン（ビタミン K₁, VK₁）、トコフェロール類（ビタミン E, VE）、ゲラニルゲラニル化タンパク質のアンカー分子、葉緑素の側鎖、ジベレリン、アーキアのエーテル型脂質などを始めとする化合物の生合成に必須である。

FPP、GGPP のアルコール誘導体であるファルネソール(farnesol)(FOH, C₁₅)、ゲラニルゲラニオール（geranylgeraniol）（GGOH, C₂₀）や、その異性体であるネロリドール(nerolidol)(NOH, C₁₅)等は、香料として用いられる精油中の芳香物質として知られるが、薬理作用物質として有用な上記ビタミン類をはじめとする

化合物の合成出発物質としてもまた重要な物質である（図 1）。

従って、*cis*-, *trans* ((*Z*)-, (*E*)-)異性体混合物でないいわゆる活性型プレニルアルコールの純品を大量に生産できる系の確立が望まれている。

IPP の生体内での合成は、すべてメバロン酸経路（アセチル補酵素 A (acetyl-CoA) からメバロン酸を経て IPP を合成する経路）によると考えられてきたが、1980 年代末より、M. Rohmer らがバクテリアを用いて新しい IPP 合成経路を明らかにした。これは、非メバロン酸経路又は DXP(1-deoxyxylulose 5-phosphate) 経路と呼ばれており、グリセルアルデヒド 3-リン酸とピルビン酸から 1-deoxyxylulose 5-phosphate を経て IPP を合成する経路である。

GGOH は、現在化学合成法により合成されている（例えば特開平 8-133999 号公報参照）。しかし、より炭素鎖の短い FOH や NOH と比べ GGOH の化学合成はステップ数が多く、コストがかかる。また、化学合成法で合成される GGOH は、一般的には炭素骨格が同じであるが、二重結合が(*E*)-型(*trans*型)と(*Z*)-型(*cis*型)の混合物として得られる。(*E,E,E*)-GGOH(以下(*all-E*)-GGOH と略す)は生物の代謝経路で合成される形であり、工業的利用価値を有する。(*all-E*)-GGOH を純粋な形で得るためには、カラムクロマトグラフィーや精密蒸留などを利用した精製が必要である。しかし、熱的に不安定なアリルアルコール(*allyl alcohol*)である GGOH の精密蒸留は困難である。また、カラムクロマトグラフィーによる精製は、多量の溶媒充填剤を必要とし、順次溶出してくる各画分を分析しながら回収し、さらに溶媒を除去しなければならないなど、操作が煩雑でコストも高く、工業実施には適さない。そこで、(*E*)-、(*Z*)-幾何異性体の生成制御や反応産物の繰り返し構造などの特徴から、(*all-E*)-GGOH の生合成法が望まれているが確立されていない。GGOH 合成基質は、例えば出芽酵母であるサッカロマイセス・セレビシエ(*Saccharomyces cerevisiae*)の細胞内ではメバロン酸経路を経て供給されるが、そのキー酵素と考えられる HMG-CoA 還元酵素を利用しても、FPP 合成を経由するスクアレン合成能が上がることは知られていない(特開平 5-192184 号公報； Donald et al. (1997) Appl. Environ. Microbiol. 63, 3341-3344)。また、ステロール取り込み能を獲得した特別な出芽酵母のスクアレン合成酵素遺伝子欠損株を培養しても、培養液 1 リットルあたり 1.3mg の FOH の蓄積が知られてい

るだけであり(Chambon *et al.*(1990) Curr. Genet. 18, 41-46)、NOHの生合成法は知られていない。GGOHの生合成に関しては、特開平9-238692号公報において、植物細胞培養により1リットル培養液あたり0.66~3.25mgの生産が報告されているが、工業化には適さない高価な植物細胞培養用培地が必要であり、培養にも光が必要であり、従来の精油等の天然物からのGGOH調製に比べても実用的でなく、より工業化に適した生合成法、例えば微生物培養による生合成法は全く知られていない。

発明の開示

本発明は、プレニルニリン酸合成酵素遺伝子を含む発現用組換えDNAにより形質転換された組換え体を培養することによるプレニルアルコールの製造方法を提供することを目的とする。

本発明者は、上記課題を解決するため鋭意研究を行った結果、発酵工業に古来から広く用いられ、メバロン酸経路あるいはDXP経路を経てプレニルニリン酸合成を行い、遺伝子組換えに関する様々な手法が駆使できる宿主、例えば単細胞真核生物（特に酵母）または原核生物（例えばバクテリア、特に大腸菌）を実験材料にして、プレニルニリン酸合成に関わる酵素の遺伝子導入によるプレニルアルコール生産系の開発を行った。酵母でプレニルニリン酸合成に関わる酵素の遺伝子（HMG-CoA還元酵素遺伝子を代表とするメバロン酸経路関連酵素の遺伝子やIPPΔイソメラーゼ遺伝子、各種プレニルニリン酸合成酵素遺伝子、またはそれらの変異型または融合型遺伝子）を宿主細胞内で人為的に発現させる系を構築するために、恒常発現型又は誘導発現型転写プロモーターを含み、各種栄養要求性マーカーを持った発現シャトルベクターの作製を行い、これに目的の遺伝子又はその変異型遺伝子を組み込み、これを宿主細胞へ導入した。そして、その培養物からプレニルアルコール（特にゲラニルゲラニオール）を得、上記目的を達成することに成功し、本発明を完成するに至った。バクテリア、特に大腸菌では、既存のベクターを用いプレニルニリン酸合成に関わる酵素の遺伝子（例えばFPP合成酵素変異型遺伝子やIPPΔ-イソメラーゼ遺伝子）を宿主細胞に導入しその培養物を脱リン酸化した後ゲラニルゲラニオールを得、上記目的を達成することに

成功し本発明を完成するに至った。

すなわち、本発明は以下の通りである。

- (1) プレニルニリン酸合成酵素遺伝子又はその変異型遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA を、宿主に導入して組換え体を作製し、該組換え体を培養した後、得られる培養物からプレニルアルコールを採取することを特徴とするプレニルアルコール（例えばゲラニルゲラニオール）の製造方法。
- (2) プレニルニリン酸合成酵素遺伝子又はその変異型遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA と、ヒドロキシメチルグルタリル-CoA 還元酵素遺伝子又はその変異型遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA とを、宿主に導入して組換え体を作製し、該組換え体を培養した後、得られる培養物からプレニルアルコールを採取することを特徴とするプレニルアルコールの製造方法。
- (3) プレニルニリン酸合成酵素遺伝子又はその変異型遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA と、イソペンテニルニリン酸 Δ -イソメラーゼ遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA とを、宿主に導入して組換え体を作製し、該組換え体を培養した後、得られる培養物からゲラニルゲラニオールを採取することを特徴とするゲラニルゲラニオールの製造方法。
- (4) プレニルニリン酸合成酵素遺伝子としては、以下の(a)及び(b)の遺伝子並びに(c)及び(d)の融合遺伝子からなる群から選択されるいずれかのものが挙げられる。
 - (a) ファルネシルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子
 - (b) ゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子
 - (c) ファルネシルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子と、ゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子との融合遺伝子
 - (d) 上記(a)若しくは(b)の遺伝子又は(c)の融合遺伝子に、さらに His Asp Glu Leu で示されるアミノ酸配列をコードするヌクレオチド配列が付加された融合遺伝子

また、ファルネシルニリン酸合成酵素遺伝子としては、配列番号 2 又は 4 に示されるアミノ酸配列をコードするものが挙げられ、ゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素遺伝子としては、配列番号 6 に示されるアミノ酸配列をコードするものが挙げられる。

- (5) ヒドロキシメチルグルタリル-CoA 還元酵素遺伝子又はその変異型遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA を、宿主に導入して組換え体を作製し、該組換え体を培養した後、得られる培養物からゲラニルゲラニオールを採取することを特徴とするゲラニルゲラニオールの製造方法。
- (6) ヒドロキシメチルグルタリル-CoA 還元酵素遺伝子又はその変異型遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA と、以下の(e)~(j)からなる群から選択されるいずれかの遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA とを、宿主に導入して組換え体を作製し、該組換え体を培養した後、得られる培養物からゲラニルゲラニオールを採取することを特徴とするゲラニルゲラニオールの製造方法。

(e) イソペンテニルニリン酸 Δ -イソメラーゼ遺伝子

(f) メバロン酸キナーゼ遺伝子

(g) アセチル CoA アセチルトランスフェラーゼ遺伝子

(h) ヒドロキシメチルグルタリル-CoA 合成酵素遺伝子

(i) メバロンリン酸キナーゼ遺伝子

(j) メバロンニリン酸脱炭酸酵素遺伝子

- (7) 上記方法によれば、ゲラニルゲラニオールは、少なくとも 0.05mg/l の濃度で生産することができる。ここで、宿主としては酵母（例えばサッカロマイセス・セレビシエ）又は大腸菌が挙げられる。サッカロマイセス・セレビシエは、例えばサッカロマイセス・セレビシエ A451 株、YPH499 株、YPH500 株、W303-1A 株若しくは W303-1B 株又はこれらに由来する株などを好ましく使用することができる。

- (8) 前記(a)及び(b)の遺伝子並びに(c)及び(d)の融合遺伝子からなる群から選択されるいずれかのもの、並びに転写プロモーター及び転写ターミネーターを含む発現用組換え DNA。

- (9) 転写プロモーターとしては、*ADH1* プロモーター、*TDH3* (*GAP*) プロモーター

ター、*TEF2* プロモーター、*GAL1* プロモーター及び *tac* プロモーターからなる群から選ばれるいずれかのものが挙げられ、転写ターミネーターとしては、*CYC1* ターミネーターが挙げられる。

(10) 前記組換え DNA を宿主に導入してなる組換え体。

宿主は、前記と同様である。

(11) 以下の(i)-(vi)のいずれかの成分を含む培地を用いてプレニルアルコールの生産力を有する微生物を培養し、得られる培養物からプレニルアルコールを採取することを特徴とするプレニルアルコールの製造方法。

(i) 糖

(ii) アルコール

(iii) アンモニアガス、アンモニア水及び又はアンモニウム塩

(iv) 水酸化ナトリウムと硫酸との混合物

(v) KH_2PO_4 、硫酸マグネシウム、硫酸アンモニウム、コーンステープリカー、塩化カルシウム及び界面活性剤の混合物

(vi) 上記(i)-(v) のうち 2 種以上の混合物

上記 (11) の製造方法において、以下の(i)、(ii)若しくは(iii)の成分又はこれらの 2 種以上の混合物を含む溶液をフィード液として培養することができる。

(i) 糖

(ii) アルコール

(iii) アンモニアガス、アンモニア水及び又はアンモニウム塩

上記フィード液成分と添加について、例えば以下の方法を取ることができる。

培養開始後 12 - 24 時間までのフィード液中の炭素源成分をグルコースのみにしておき、培養開始後 12 - 24 時間経過後フィード液の炭素源成分をエタノールを含む成分に切り替えて培養する。このとき、培養開始後 12 - 24 時間以降のフィード液の炭素源成分中の全炭素源成分に対するエタノールの割合を 50%以上、又は、培養開始後 12 - 24 時間以降のフィード液の炭素源成分中の炭素源成分をエタノールのみにすることができる。

ここで、「フィード」とは、培養時間中、所定の溶液または成分を培養液中に任意の方法で流入あるいは添加させることを意味し、一つの培養槽に対しある成分を流入あるいは添加させる培養方法を「フェドバッチ培養」と言う。

また、培養物中に蓄積するプレニルアルコールの濃度は少なくとも 0.1 g/l 以上、好ましくは 1 g/L 以上である。プレニルアルコールとしては、ゲラニルゲラニオールが挙げられ、微生物としてはサッカロマイセス・セレビシエなどの酵母が挙げられる。本発明において、サッカロマイセス・セレビシエは、サッカロマイセス・セレビシエ A451 株、YPH499 株、YPH500 株、W303-1A 株若しくは W303-1B 株又はこれらに由来する株を使用することができる。

さらに、上記(11)の製造方法において、微生物は組換え体であることが好ましい。このような組換え体としては、以下の a) 又は b) のものを例示することができる。

a) メバロン酸経路関連遺伝子若しくはその変異型遺伝子、又はプレニルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA を、宿主に導入して作製されたもの

b) プレニルニリン酸合成酵素遺伝子又はその変異型遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA と、メバロン酸経路関連遺伝子若しくはその変異型遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA とを、宿主に導入して作製されたもの

宿主は、サッカロマイセス・セレビシエ、例えばサッカロマイセス・セレビシエ A451 株、YPH499 株、YPH500 株、W303-1A 株若しくは W303-1B 株又はこれらに由来する株を例示することができる。

メバロン酸経路関連遺伝子としてはヒドロキシメチルグルタリル-CoA 還元酵素遺伝子（例えば *HMG1* 遺伝子）が挙げられる。

プレニルニリン酸合成酵素遺伝子としては、以下の(a)及び(b)の遺伝子並びに(c)及び(d)の融合遺伝子からなる群から選択されるいずれかのものが挙げられる。

(a) ファルネシルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子

(b) ゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子

(c) ファルネシルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子と、ゲラ

ニルゲラニルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子との融合遺伝子

(d) 上記(a)若しくは(b)の遺伝子又は(c)の融合遺伝子に、さらに His Asp Glu Leu で示されるアミノ酸配列をコードするヌクレオチド配列が付加された融合遺伝子

さらに、本発明において使用できる微生物は、原栄養体株、二倍体細胞、又は原栄養体株かつ二倍体細胞である。

さらに、本発明においては、培地を pH 制御することを特徴とする。pH 制御は、例えばアンモニウムガス、アンモニウム塩溶液、水酸化ナトリウム溶液又は硫酸を用いて行われる。

以下、本発明を詳細に説明する。本明細書は、本願の優先権の基礎である日本国特許出願 2000-403067 号の明細書及び/又は図面に記載される内容を包含する。

本発明者は、代謝工学的な手法を用い、生体内で活性型プレニルアルコール、特に(*all-E*)-ゲラニルゲラニオール（以下「GGOH」という）を生産させる系の開発に臨んだ。

GGOH は、ゲラニルゲラニルニリン酸 (GGPP) を前駆体としていと考えられており、一般には、単純に GGPP 合成酵素活性を増大させてもイソペンテニルニリン酸 (isopentenyl diphosphate, IPP) 及びジメチルアリルニリン酸 ((3,3-Dimethylallyl pyrophosphate, DMAPP) から GGPP への合成が速まるだけで GGOH が生産されることは予測できない (図 1)。また、生体内で GGPP はカロテノイドやプレニル化タンパク質などの各種最終産物合成の前駆体としてしか知られておらず (図 1)、仮に GGPP 合成速度を増大させてもそれら最終産物濃度が上昇すると予想され、工業的に価値のある GGPP 合成系を確立できるかどうかはわからない。また、キー酵素である HMG-CoA 還元酵素活性を増大させたりその他の上記(e)~(j)に記載した酵素の酵素活性を増大させることによってメバロン酸経路のキー酵素である HMG-CoA 還元酵素の発現量を増大させても、FPP 合成の方向に効果が出るのか GGPP 合成の方向に効果が出るのか予想できず、GGPP 合成には効果が期待できなかった。さらに、現在までの情報からは、FOH 前駆体のファルネシルニリン酸 (FPP) 合成を触媒する FPP 合成酵素遺伝子の発現が、

GGOH の生産に効果があるという予想も成り立たない (図 1)。

本発明においては、プレニルニリン酸合成酵素遺伝子、HMG-CoA 還元酵素遺伝子及び/又は IPP Δ -イソメラーゼ遺伝子を宿主細胞に導入できるよう組換え DNA を構築し、さらに組換え体を作製し、プレニルアルコール、特に GGOH の大量生産系を開発したものである。

1. 発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA 断片の作製

本発明において、宿主を形質転換するための発現用組換え DNA は、その 1 つとしてプレニルニリン酸合成酵素遺伝子に、転写プロモーター及び転写ターミネーター DNA を連結又は挿入することにより得ることができる。また、プレニルニリン酸合成酵素遺伝子に、予め転写プロモーター及び転写ターミネーターが連結された遺伝子発現カセットを作製しておいて、これをベクターに組み込むこともできる。連結及び挿入の順序は任意であるが、プレニルニリン酸合成酵素遺伝子の上流に転写プロモーターを連結し、プレニルニリン酸合成酵素遺伝子の下流に転写ターミネーターを連結することが好ましい。本発明においては、適当な DNA、例えばベクター DNA に順次プレニルニリン酸合成酵素遺伝子、転写プロモーター及び転写ターミネーターを組み込んでもよく、転写方向が考慮されていれば順不同で組み込んでもよい。

プレニルニリン酸合成酵素遺伝子としては、ファルネシルニリン酸合成酵素遺伝子 (FPP 合成酵素遺伝子という) 又はゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素遺伝子 (GGPP 合成酵素遺伝子という) が挙げられる。FPP 合成酵素遺伝子としては、例えばサッカロマイセス・セレビシエ (*Saccharomyces cerevisiae*) *ERG20* (配列番号 1)、エッシェリシア・コーライ (*Escherichia coli*) *ispA* (配列番号 3)、バチルス・ステアロサーモフィラス (*Bacillus stearothermophilus*) 由来の FPP 合成酵素遺伝子 (特開平 5-219961 号公報、米国特許 5,786,192 号) が挙げられる。また、GGPP 合成酵素遺伝子としては、例えばサッカロマイセス・セレビシエ *BT S1* (配列番号 5)、スルフォロパス・アシドカルダリウス (*Sulfolobus acidocaldarius*) *crtE* (特開平 7-308913 号公報、米国特許 5,773,273 号)、サーマス・サーモフィラス (*Thermus thermophilus*) *Tth* GGPS 遺伝子 (特開平 9-107974 号公報、米国特許 6,107,072 号) が挙げられる。これらの遺伝子は、公知の遺伝子単離方

法により、又は市販のキットを用いて得ることができる。また、本発明においては、FPP 合成酵素遺伝子の変異体（変異型遺伝子）、GGPP 合成酵素遺伝子の変異体を使用することも可能である。

また、本発明においては、GGPP 合成酵素遺伝子又はその変異型と FPP 合成酵素遺伝子又はその変異型との融合遺伝子を含むベクターを構築しておいて、GGPP 合成酵素遺伝子及び FPP 合成酵素遺伝子の発現により生産されるポリペプチドが融合タンパク質になるように、両遺伝子を結合させることもできる。本発明において、このような2種類以上の遺伝子を結合させ、発現産物が融合タンパク質になるように構築した遺伝子を「融合遺伝子」という。融合遺伝子を作製するには、一方の DNA を適当な制限酵素で切断し、これに、同じ制限酵素で切断しておいた他方の DNA を、該 DNA によりコードされるタンパク質のアミノ酸配列の読み枠がずれないように連結する方法などが採用される。

さらに、本発明においては、プレニルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子又は前記融合遺伝子の発現により生産されるタンパク質のC末端に小胞体移行シグナル（His Asp Glu Leu で表されるアミノ酸配列（配列番号 24）：以下「HDEL 配列」という）が付加するように、当該アミノ酸配列をコードするヌクレオチド配列を上記プレニルニリン酸合成酵素遺伝子又は融合遺伝子に付加させて改変した遺伝子を作製することもできる。

さらに、本発明においては、ヒドロキシメチルグルタリル Co-A（hydroxymethyl glutaryl-CoA : HMG-CoA）還元酵素遺伝子（配列番号 7）又はその変異型遺伝子を、単独で、あるいは上記プレニルニリン酸合成酵素遺伝子（融合遺伝子を含む）との融合遺伝子として宿主に導入し発現させて、プレニルアルコール（特に GGOH）を生産することもできる。さらに、上記プレニルニリン酸合成酵素遺伝子又は融合遺伝子と、HMG-CoA 還元酵素遺伝子又はその変異型遺伝子とを宿主に導入し、共発現させることもできる。HMG-CoA 還元酵素遺伝子としては、サッカロマイセス・セレビスエ *HMG1*、*HMG2* が挙げられる。

上記プレニルニリン酸合成酵素遺伝子の変異型や HMG-CoA 還元酵素遺伝子の変異型等は、その一部の領域（例えば HMG-CoA 還元酵素遺伝子では最大で 2217 塩基）が欠損した欠失型や、野生型遺伝子又はこれら欠失型遺伝子の塩基配

列のうち 1 個又は数個～十数個の塩基が欠失、置換又は付加した変異型遺伝子でもよい。従って、変異型遺伝子によりコードされるアミノ酸配列においても、天然型プレニルニリン酸合成酵素のアミノ酸配列（FPP 合成酵素：配列番号 2 又は 4；GGPP 合成酵素：配列番号 6）、又は天然型 HMG-CoA 還元酵素のアミノ酸配列（配列番号 8）のうち 1 個又は数個（例えば 1 個～10 個、好ましくは 1 個～3 個）のアミノ酸に欠失、置換又は付加等の変異が生じててもよく、天然型 HMG-CoA 還元酵素のアミノ酸配列（配列番号 8）のうち最大で 739 個のアミノ酸が欠失した欠失型や、これら欠失型酵素から 1 個又は数個（例えば 1 個～10 個、好ましくは 1 個～3 個）のアミノ酸に欠失、置換又は付加等の変異が生じててもよい。具体的には、HMG-CoA 還元酵素遺伝子の野生型若しくは図 2B に例示するような欠失型遺伝子、又はそれらにコードされる酵素のアミノ酸配列において、たとえば図 2A に示される箇所の塩基又はアミノ酸の置換が、1～10 箇所の範囲で部位特異的に生じていてもよい。さらに、天然型プレニルニリン酸合成酵素遺伝子（例えば配列番号 1、3、5）又は天然型 HMG-CoA 還元酵素遺伝子（配列番号 7）を PCR で増幅させる場合において、Taq DNA ポリメラーゼ等の忠実性(fidelity)の低い DNA ポリメラーゼを用いた PCR(polymerase chain reaction)で野生型 DNA を増幅させた DNA 断片に生じる塩基の置換変異を「PCR エラー」といい、例えば、野生型 HMG-CoA 還元酵素遺伝子（配列番号 7）を鋳型に用いたときの PCR エラーによる塩基の置換変異に起因するコードされるポリペプチドの置換変異を有する HMG-CoA 還元酵素遺伝子（「*HMG1'*」とする）も、本発明において使用することができる。野生型 HMG-CoA 還元酵素遺伝子（配列番号 7）を鋳型にしたときの、PCR エラーによる塩基の置換の態様を図 2A に示す。*HMG1'*は配列番号 9 に示す塩基配列を有しており、これによってコードされるアミノ酸配列を配列番号 10 に示す。図 2A において、ヌクレオチドの変異は、置換前の塩基（1 文字表記）、HMG-CoA 還元酵素遺伝子の開始コドンの第 1 塩基を 1 としたときの塩基番号、置換後の塩基（1 文字表記）の順で表示してある。アミノ酸の変異は、PCR エラー型 HMG-CoA 還元酵素のアミノ酸配列において、置換前のアミノ酸残基（1 文字表記）、HMG-CoA 還元酵素のアミノ酸番号、置換後のアミノ酸残基（1 文字表記）の順で表示してある。さらに、上記 PCR エラ

一型の塩基配列を部位特異的変異誘発法等により一部修正することもでき、このような修正型の HMG-CoA 還元酵素遺伝子も、本発明において使用することができる。PCR エラーによる塩基の置換の態様を図 2A に示す。さらに、上記 PCR エラー型の塩基配列を部位特異的変異誘発法等により一部修正することもでき、このような修正型の HMG-CoA 還元酵素（配列番号 12）をコードする遺伝子（配列番号 11）も、本発明において使用することができる。

また、HMG-CoA 還元酵素の膜貫通ドメインと予想されている領域を欠損させた欠失体をコードする HMG-CoA 還元酵素遺伝子（PCR エラー型を含む）として、例えば、PCR エラー型 HMG-CoA 還元酵素遺伝子 *HMG1'* の欠失型遺伝子 *HMG1Δ* の例を示す（図 2B）。最上段は欠失のない遺伝子 *HMG1'* である。細線（—）で表した部分は欠失した領域である。それぞれの欠失型遺伝子において、*HMG1'* 遺伝子（配列番号 9）のうちどの領域を欠失させたのかを表 1 に示す。*HMG1'* 欠失型遺伝子は、欠失のパターンに従って *HMG1Δ*_{xx}*y* で表す。xx は欠失のパターンを、y は作業番号（任意の数字）を表す。図 2B には、*HMG1Δ*₀₂*y* の例として「Δ026」を表示した（他の欠失パターンのものも同様に表示した）。

表1 欠失の態様

| 欠失型名称 | プライマー1 | プライマー2 | プラスミド | 推定膜貫通ドメインの欠失 | 欠失領域 | 欠失後の配列 |
|------------|-----------------|-----------------|----------|----------------|-----------------|--------|
| HMG1 Δ 02y | HMG1(558-532) | HMG1(799-825) | pYHMG02X | #2-#3 | 第559塩基～第798塩基 | 配列番号13 |
| HMG1 Δ 04y | HMG1(1191-1165) | HMG1(1267-1293) | pYHMG04X | #6 | 第1192塩基～第1266塩基 | 配列番号14 |
| HMG1 Δ 05y | HMG1(1380-1354) | HMG1(1573-1599) | pYHMG05X | #7 | 第1381塩基～第1572塩基 | 配列番号15 |
| HMG1 Δ 06y | HMG1(558-532) | HMG1(1267-1293) | pYHMG06X | #2-#6 | 第559塩基～第1266塩基 | 配列番号16 |
| HMG1 Δ 07y | HMG1(558-532) | HMG1(1573-1599) | pYHMG07X | #2-#7 | 第559塩基～第1572塩基 | 配列番号17 |
| HMG1 Δ 08y | HMG1(27-1) | HMG1(1573-1599) | pYHMG08X | #1-#7 | 第27塩基～第1572塩基 | 配列番号18 |
| HMG1 Δ 10y | HMG1(27-1) | HMG1(1816-1842) | pYHMG10X | #1-#7(-605 aa) | 第27塩基～第1815塩基 | 配列番号19 |
| HMG1 Δ 11y | HMG1(27-1) | HMG1(1891-1917) | pYHMG11X | #1-#7(-631 aa) | 第27塩基～第1890塩基 | 配列番号20 |
| HMG1 Δ 12y | HMG1(27-1) | HMG1(1990-2016) | pYHMG12X | #1-#7(-663 aa) | 第27塩基～第1989塩基 | 配列番号21 |
| HMG1 Δ 13y | HMG1(27-1) | HMG1(2218-2244) | pYHMG13X | #1-#7(-739 aa) | 第27塩基～第2217塩基 | 配列番号22 |

プライマー配列

| | | |
|-----------------|---|--------|
| HMG1(27-1) | 5' TTT CAG TCC CTT GAA TAG CGG CGG CAT 3' | 配列番号77 |
| HMG1(558-532) | 5' GTC TGC TTG GGT TAC ATT TTC TGA AAA 3' | 配列番号61 |
| HMG1(799-825) | 5' CAC AAA ATC AAG ATT GCC CAG TAT GCC 3' | 配列番号78 |
| HMG1(1191-1165) | 5' AGA AGA TAG GGA TTT CTT TGC TTT 3' | 配列番号79 |
| HMG1(1267-1293) | 5' AAC TTT GGT GCA AAT TGG GTC AAT GAT 3' | 配列番号80 |
| HMG1(1380-1354) | 5' TTG CTC TTT AAA GTT TTC AGA GGC ATT 3' | 配列番号81 |
| HMG1(1573-1599) | 5' CAT ACC AGT TAT ACT GCA GAC CAA TTG 3' | 配列番号62 |
| HMG1(1816-1842) | 5' GCA TTA TTA AGT AGT GGA AAT ACA AAA 3' | 配列番号82 |
| HMG1(1891-1917) | 5' CCT TTG TAC GCT TTG GAG AAA AAA TTA 3' | 配列番号83 |
| HMG1(1990-2016) | 5' TCT GAT CGT TTA CCA TAT AAA AAT TAT 3' | 配列番号84 |
| HMG1(2218-2244) | 5' AAG GAT GGT ATG ACA AGA GGC CCA GTA 3' | 配列番号85 |

さらに、本発明においては、イソペンテニルニリン酸 Δ -イソメラーゼ (IPP Δ -イソメラーゼ) 遺伝子を上記プレニルニリン酸合成酵素遺伝子またはその変異型遺伝子とともに導入することによって、プレニルアルコール、特に GGOH を生産することもできる。IPP Δ -イソメラーゼ遺伝子としては、大腸菌由来の *idi* (配列番号 32) が、プレニルニリン酸合成酵素変異型遺伝子としては大腸菌由来の *ispAm* 各変異型遺伝子(Y79M: 配列番号 37, Y79E: 配列番号 35, Y79D: 配列番号 33) やバシラス・ステアロサーモフィラス由来の *fpsm*(Y81M; 配列番号 39) がそれぞれ挙げられる。この *ispA* 由来の変異型遺伝子は、野生型 FPP 合成酵素 (配列番号 4) の第 79 番目のアミノ酸残基 Tyr が Asp(配列番号 34)、Glu(配列番号 36)又は Met(配列番号 38)に置換変異した変異型酵素をコードしている。

使用される DNA は、宿主細胞に遺伝的に保持される可能性のあるものであれば特に限定されず、例えば、プラスミド DNA、バクテリオファージ、レトロトランスポゾン DNA、酵母人工染色体 DNA (YAC:yeast artificial chromosome) 等が挙げられる。また、ゲノムインテグレーションによる導入のための発現用組換え DNA 断片としては、複製機能は必要ではなく、PCR 法又は化学合成により作製されたものを使用することが可能である。

プラスミド DNA としては、例えば pRS413、pRS414、pRS415、pRS416、Y Cp50、pAUR112 又は pAUR123 などの YCp 型大腸菌-酵母シャトルベクター、p YES2 又は YEp13 などの YEp 型大腸菌-酵母シャトルベクター、pRS403、pRS404、pRS405、pRS406、pAUR101 又は pAUR135 などの YIp 型大腸菌-酵母シャトルベクター、大腸菌由来のプラスミド (pBR322、pBR325、pUC18、pUC19、pUC118、pUC119、pTV118N、pTV119N、pBluescript、pHSG298、pHSG396 または pTrc99A などの ColE 系プラスミド、pACYC177 又は pACYC184 などの p15A 系プラスミド、pMW118、pMW119、pMW218 又は pMW219 などの pSC101 系プラスミド等)、枯草菌由来のプラスミド (例えば pUB110、pTP5 等) などが挙げられ、ファージ DNA としては λ ファージ (Charon4A、Charon21A、EMBL3、EMBL4、 λ gt10、 λ gt11、 λ ZAP)、 ϕ X174、M13mp18 又は M13mp19 等が挙げられる。レトロトランスポゾンとしては、Ty 因子などが挙げられる。YAC 用ベクターとしては pYACC2 などが挙げられる。

宿主への組換え DNA の導入には、選択マーカー遺伝子を用いる場合が多いが、

アッセイ法がある場合は、必ずしもマーカー遺伝子は必要ではない。

転写プロモーターは、恒常発現型プロモーター又は誘導発現型プロモーターを用いることができる。恒常発現型プロモーターとは、主要代謝経路に関わる遺伝子の転写プロモーターを意味し、どの生育条件でも転写活性を有するプロモーターである。誘導発現型プロモーターとは、特定の生育条件で転写活性があり、その他の生育条件では活性が抑えられるプロモーターを意味する。

転写プロモーターは、酵母等の宿主中で活性を持つものであればいずれを用いてもよい。例えば酵母での発現用として、*GAL1* プロモーター、*GAL10* プロモーター、*TDH3(GAP)* プロモーター、*ADH1* プロモーター、*TEF2* プロモーター等を用いることができる。また、大腸菌での発現用として、*trp*、*lac*、*trc*、*tac* などのプロモーターを用いることができる。

さらに、所望によりエンハンサーなどのシスエレメント、スプライシングシグナル、ポリ A 付加シグナル、選択マーカーなどを連結することができる。なお、選択マーカーとしては、*URA3*、*LEU2*、*TRP1*、*HIS3* などの栄養非要求性の表現型を指標とするマーカー遺伝子や、*Amp^r*、*Tet^r*、*Cm^r*、*Km^r*、*AUR1-C* 等の抗生物質耐性遺伝子が挙げられる。

転写ターミネーターは、酵母等の宿主中で活性を持つものであればいずれの遺伝子に由来するターミネーターを用いてもよい。例えば酵母での発現用として、*ADH1* ターミネーター、*CYC1* ターミネーター等を用いることができる。また、大腸菌での発現用として、*rrnB* ターミネーターが挙げられる。バクテリア細胞内での遺伝子発現のため、効率的翻訳のためのリボソーム結合部位として、開始コドン上流に SD 配列 (5'-AGGAGG-3'で代表される) を組み込むこともできる。

本発明において遺伝子導入用組換え DNA として作製された発現ベクターは、プラスミド名の次に遺伝子名を表示することで命名及び識別することができる。プラスミドとして pRS435GAP を使用したときの発現ベクター名とその構成との関係を表 2 に示す。pRS434、pRS444、pRS445 プラスミドの場合も、上記プロモーターとの組み合わせにより、pRS435GAP と同じ要領で記載することができる。

表 2

| 発現ベクター名 | 構 成 |
|----------------|--|
| pRS435GG | プラスミド pRS435GAP に GGPP 合成酵素遺伝子 <i>BTS1</i> が連結されている。 |
| pRS435F | プラスミド pRS435GAP に FPP 合成酵素遺伝子 <i>ERG20</i> が連結されている。 |
| pRS435GGF | GGPP 合成酵素遺伝子 <i>BTS1</i> と FPP 合成酵素遺伝子 <i>ERG20</i> とをこの順で連結した融合遺伝子が pRS435GAP に連結されている。 |
| pRS435FGG | FPP 合成酵素遺伝子 <i>ERG20</i> と GGPP 合成酵素遺伝子 <i>BTS1</i> とをこの順で連結した融合遺伝子が pRS435GAP に連結されている。 |
| pRS435GGHDEL | pRS435GG に HDEL 配列をコードするヌクレオチド配列が連結されている。 |
| pRS435FHHDEL | pRS435F に HDEL 配列をコードするヌクレオチド配列が連結されている。 |
| pRS435FGGHDEL | pRS435FGG に HDEL 配列をコードするヌクレオチド配列が連結されている。 |
| pRS435GGFHHDEL | pRS435GGF に HDEL 配列をコードするヌクレオチド配列が連結されている。 |

また、プラスミド pRS434GAP に *HMG1* 遺伝子を連結した場合は「pRS434GAP-HMG1」のように表示する。プラスミドとして pRS434GAP を使用したときの発現ベクター名とその構成との関係を表 3 に示す。プラスミドが pRS435GAP、pRS445GAP 等の場合も、pRS434GAP と同じ要領で記載することができる。

表 3

| 発現ベクター名 | 構 成 |
|-------------------------|--|
| pRS434GAP-HMG1 | プラスミド pRS434GAP に HMG-CoA 還元酵素遺伝子 <i>HMG1</i> が連結されている。 |
| pRS434GAP-HMG1 Δ | プラスミド pRS434GAP に HMG-CoA 還元酵素遺伝子 <i>HMG1</i> の欠失型遺伝子 <i>HMG1</i> Δ が連結されている。 |

2. 組換え体の作製

本発明の組換え体は、本発明の組換え DNA を、各種プレニルニリン酸合成酵素遺伝子またはそれらの融合遺伝子、および／または、HMG-CoA 還元酵素遺伝子（変異型を含む。特に記さないかぎり以下同じ）または IPP Δ -イソメラーゼ遺

伝子が発現し得るように宿主内に導入することにより得ることができる。ここで、宿主としてはプレニルアルコールを生産することができるものであれば特に限定されるものではないが、酵母またはバクテリアが好ましい。

本発明において、転写プロモーター及び転写ターミネーター並びにプレニルニリン酸合成酵素遺伝子、HMG-CoA還元酵素遺伝子、IPP Δ -イソメラーゼ遺伝子または(e)~(j)に記した遺伝子を含む組換えDNAは、酵母などの単細胞真核微生物を含む真菌、原核生物、動物細胞、植物細胞などに導入して組換え体を得ることができる。

真菌としては、変形菌類(Myxomycota)、藻菌類(Phycomycetes)、子囊菌類(Ascomycota)、担子菌類(Basidiomycota)、不完全菌類(Fungi Imperfecti)が挙げられる。真菌としては、単細胞性のものが工業上利用上重要な酵母として良く知られており、子囊菌類の子囊菌酵母、担子菌類の担子菌酵母または不完全菌類の不完全菌酵母が挙げられる。酵母としては、子囊菌酵母、特に、出芽酵母であるサッカロマイセス・セレビシエ (*Saccharomyces cerevisiae*: パン酵母として知られる)、キャンディダ・ユーティリス(*Candida utilis*)またはピキア・パストリス(*Pichia pastoris*)等、分裂酵母であるシゾサッカロマイセス・ポンベ(*Shizosaccharomyces pombe*)等が用いられる。酵母の株は、プレニルアルコールを生産することができる限り特に限定されるものではない。*S. cerevisiae*の場合、例えば下記のA451株、EUG5株、EUG8株、EUG12株、EUG27株、YPH499株、YPH500株、W303-1A株、W303-1B株 ATCC28382、AURGG101株、AURGG102株、AH1株、YH1株などが挙げられる。酵母への組換えDNAの導入方法は、例えばエレクトロポレーション法、スフェロプラスト法、酢酸リチウム法等を採用することができる。

A451 (ATCC200589, *MAT α can1 leu2 trp1 ura3 aro7*)

YPH499 (ATCC76625, *MAT α ura3-52 lys2-801 ade2-101 trp1- Δ 63 his3- Δ 200 leu2- Δ 1*, Stratagene, La Jolla, CA)

YPH500 (ATCC76626, *MAT α ura3-52 lys2-801 ade2-101 trp1- Δ 63 his3- Δ 200 leu2- Δ 1*, Stratagene)

W303-1A (*MAT α leu2-3 leu2-112 his3-11 ade2-1 ura3-1 trp1-1 can1-100*)

W303-1B (*MAT α leu2-3 leu2-112 his3-11 ade2-1 ura3-1 trp1-1 can1-10*)

0)

AURGG101(A451, *aur1::AUR1-C*):本発明によって樹立された A451 由来株で *AUR1-C* 遺伝子をインテグレートしたもの。

AURGG102(A451, *aur1::GAL1p-BTS1&AUR1-C*):本発明によって樹立された A451 由来株で *AUR1* 遺伝子座に *AUR1-C* 遺伝子と共に、*GAL1* プロモーター、*BTS1* および *CYC1* ターミネーターを含む。

EUG5、EUG8 (A451, *ERG9p::URA3-GAL1p*): 本発明において樹立された A451 由来株であり、スクアレン合成酵素遺伝子 *ERG9*、形質転換体選択マーカー遺伝子 *URA3* 及び転写プロモーター *GAL1p* を含む。

EUG12(YPH499, *ERG9p::URA3-GAL1p*): 本発明において樹立された YPH499 由来株であり、*ERG9*、*URA3* 及び *GAL1p* を含む。

EUG27(YPH500, *ERG9p::URA3-GAL1p*): 本発明において樹立された YPH500 由来株であり、*ERG9*、*URA3* 及び *GAL1p* を含む。

AH1 株(pRS434GAP-HMG1/A451): 本発明において樹立された A451 由来株であり、A451 に pRS434GAP-HMG1 が導入されている。

YH1 株(pRS434GAP-HMG1/ YPH499): 本発明において樹立された YPH499 由来株であり、YPH499 に pRS434GAP-HMG1 が導入されている。

原核生物としてはアーキア(archaea)とバクテリア(bacteria,細菌)が挙げられる。アーキアとしては、メタノバクテリウム属(*Metanobacterium*)などのメタン生産菌、ハロバクテリウム属(*Halobacterium*)などの好塩菌、スルフォロバス属(*Sulfolobus*)等の好熱好酸性菌が挙げられる。バクテリアとしては工業的または学術的に利用価値の高い各種グラム陰性細菌またはグラム陽性細菌、例えば大腸菌(*Escherichia coli*)等のエシェリシア属、枯草菌(*Bacillus subtilis*)やバシラス・ブレビス(*Bacillus brevis*)等のバシラス属、シュードモナス・プチダ(*Pseudomonas putida*)等のシュードモナス属、アグロバクテリウム・ツメファシエンス(*Agrobacterium tumefaciens*)やアグロバクテリウム・リゾジェネス(*Agrobacterium rhizogenes*)等のアグロバクテリウム属、コリネバクテリウム・グルタミカム(*Corynebacterium glutamicum*)等のコリネバクテリウム属、ラクトバシラス・プラントラム(*Lactobacillus plantarum*)等のラクトバシラス属、アクチノマイセス属(*Actinomyces*)やストレプトマイセス属(*Streptomyces*)等の放線菌類(Actinomy

cetes)が挙げられる。

大腸菌等のバクテリアを宿主とする場合は、本発明の組換え DNA が細胞中で自律複製可能であると同時に、転写プロモーター、リボソーム RNA 結合領域としての SD 配列、本発明の遺伝子により構成されていることが好ましい。転写ターミネーターなどを適宜挿入することもできる。また、プロモーターを制御する遺伝子が含まれていてもよい。大腸菌としては、BL21、DH5 α 、HB101、JM101、JM109、MV1184、TH2、XL1-Blue、Y1088 等が挙げられるが、これらに限定されるものではない。転写プロモーターは、大腸菌等の宿主中で発現できるものであればいずれを用いてもよい。例えば *trp* プロモーター、*lac* プロモーター、 P_L プロモーター、 P_R プロモーターなどの、大腸菌やファージに由来するプロモーターが用いられる。*tac* プロモーターなどのように、人為的に設計改変されたプロモーターを用いてもよい。細菌への組換えベクターの導入方法は、細菌に DNA を導入する方法であれば特に限定されるものではない。例えばカルシウムイオンを用いる方法、エレクトロポレーション法等が挙げられる。

遺伝子が宿主細胞に導入されたか否かの確認は、PCR(polymerase chain reaction)法、サザンハイブリダイゼーション法等により行うことができる。例えば、組換え体から DNA を調製し、導入 DNA 特異的プライマーを設計して PCR を行う。その後は、増幅産物についてアガロースゲル電気泳動、ポリアクリルアミドゲル電気泳動又はキャピラリー電気泳動等を行い、臭化エチジウム、SYBR Green 液等により染色するか、あるいは UV 検出器で DNA を検出し、増幅産物を 1 本のバンド又はピークとして検出することにより、導入 DNA を確認する。また、予め蛍光色素等により標識したプライマーを用いて PCR を行い、増幅産物を検出することもできる。

3. プレニルアルコールの生産

本発明において、プレニルアルコールは、導入されたプレニルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子（融合遺伝子を含む）、および／または、HMG-CoA 還元酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子、あるいは、前記(e)～(j)記載のメバロン酸経路関連酵素遺伝子を含む上記組換え体を培養し、その培養物から採取することにより得ることができる。「培養物」とは、培養上清のほか、培養細胞

若しくは培養菌体自体又は細胞若しくは菌体の破碎物のいずれをも意味するものである。本発明の組換え体を培養する方法は、宿主の培養に用いられる通常の方法に従って行われる。プレニルアルコールとしては、例えば GGOH が挙げられる。上記プレニルアルコールは、それぞれ単独で又は混合物として上記培養物中に蓄積される。

微生物を宿主として得られた組換え体を培養する培地は、微生物が資化し得る炭素源、窒素源、無機塩類等を含有し、組換え体の培養を効率的に行うことができる培地であれば、天然培地、合成培地のいずれを用いてもよい。炭素源としては、グルコース、ガラクトース、フラクトース、スクロース、ラフィノース、デンプン等の炭水化物、酢酸、プロピオン酸等の有機酸、エタノール、プロパノール等のアルコール類が挙げられる。窒素源としては、アンモニア、塩化アンモニウム、硫酸アンモニウム、酢酸アンモニウム、リン酸アンモニウム等の無機酸若しくは有機酸のアンモニウム塩又はその他の含窒素化合物が挙げられ、その他ペプトン、肉エキス、コーンステープリカー、各種アミノ酸等が挙げられる。無機物としては、リン酸第一カリウム、リン酸第二カリウム、リン酸マグネシウム、硫酸マグネシウム、塩化ナトリウム、硫酸第一鉄、硫酸マンガン、硫酸銅、炭酸カルシウム等が挙げられる。培養は、通常、振盪培養又は通気攪拌培養などの好氣的条件下、26℃～42℃、好ましくは *S. cerevisiae* を宿主とした場合 30℃で 2-7 日、*E. coli* を宿主とした場合で 37℃で 12-18 時間行う。pH の調整は、無機又は有機酸、アルカリ溶液等を用いて行う。

プロモーターとして誘導型転写プロモーターを用いた発現ベクターを導入した組換え体を培養する場合は、必要に応じてインデューサーを培地に添加してもよい。例えば *GAL1* プロモーターを用いた場合、炭素源としてガラクトースを使用することができる。また、イソプロピル-β-D-チオガラクトピラノシド (IPTG) で誘導可能なプロモーターを有する発現ベクターで形質転換した微生物 (*E. coli*) を培養するときには、IPTG を培地に添加することもできる。

上記培養条件で培養すると、宿主により高収率でプレニルアルコールを生産することができる。また、プレニルアルコールを大量培養するには、ジャーファーマンター培養装置等を用いることができる。特に、宿主が *S. cerevisiae* YPH499、導入したプラスミド DNA が pRS435GGF および pRS434GAP-HMG1 の場合

には、培地 1 リットルあたり 1.5 mg 以上、培養条件によっては 128 mg 以上生産することが可能である。

本発明においては、上記培地に、さらにテルペノイド、油脂、界面活性剤等を添加してプレニルアルコールの生産効率を高めることができる。これらの添加剤として以下のものを例示することができる。

テルペノイド：スクアレン、トコフェロール、IPP、DMAPP

油脂：大豆油、魚油、アーモンド油、オリーブ油

界面活性剤：タージトール、トリトン X-305、スパン 85、アデカノール LG109(旭電化製)、アデカノール LG294(旭電化製)、アデカノール LG295S(旭電化製)、アデカノール LG297(旭電化製)、アデカノール B-3009A(旭電化製)、アデカプロニック L-61(旭電化製)

油脂濃度は 0.01% 以上、好ましくは 1~3% であり、界面活性剤濃度は 0.005% ~1%、好ましくは 0.05~0.5% であり、テルペノイド濃度は 0.01% 以上、好ましくは 1~3% である。

さらに、本発明においては、以下の(i)-(vi)のいずれかの成分を含む培地を用いてプレニルアルコールの生産力を有する微生物を培養し、得られる培養物からプレニルアルコールを採取することもできる。さらに、以下の(i)-(v)のいずれかの成分を含むフィード液を用いたフェドバッチ培養を行うことも出来る。

(i) 糖

(ii) アルコール

(iii) アンモニアガス、アンモニア水及び又はアンモニウム塩

(iv) 水酸化ナトリウムと硫酸との混合物

(v) KH_2PO_4 、硫酸マグネシウム、硫酸アンモニウム、コーンステープリカー、塩化カルシウム及び界面活性剤の混合物

(vi) 上記(i)-(v) のうち 2 種以上の混合物

上記糖としては、グルコース、スクロース、ガラクトース、ラクトースなどが挙げられる。また、アルコールとしては、メタノール、エタノール、プロパノール、イソプロパノール、ブタノールなどが挙げられる。

フィード液中の炭素源成分としては、グルコースとエタノールとの組合せが好

ましく、pH 制御用化合物としてアンモニアガス又はアンモニウム塩（例えば酢酸アンモニウム）を加えることがさらに好ましい。フィード液の添加方法としては、培養開始後 12-24 時間まではグルコースを唯一の炭素源とするフィード液を用い、培養開始 12-24 時間以降にエタノールを含む成分を炭素源とするフィード液に切りかえることが好ましいが、そのままグルコースを唯一の炭素源としていても良い。フィード液の全炭素源に対するエタノールの割合は任意の割合でかまわないが、50%以上、または 100%にすることもできる。

ところで、培地に特定の栄養が補給されなくても増殖できる株を原栄養体株という。一般に、原栄養体株は、栄養要求性の表現型において野生型株と同一の表現型を持つ株のことである。一方、組換え体の宿主株としては、しばしば栄養要求性変異株が用いられている。この栄養要求性変異株を原栄養体株と同一の栄養要求性の表現型にするには、栄養要求性変異の原因となる変異遺伝子に対する野生型遺伝子を導入し、変異を相補すればよい。栄養要求性の原因となる変異遺伝子に対する野生型遺伝子の変異遺伝子に対して優性遺伝子である場合は、その野生型遺伝子をもつ別の株と接合させることによって変異を相補することもできる。本発明においては、例えば GGOH の生産株（GGPP 合成酵素遺伝子と FPP 合成酵素遺伝子との融合遺伝子を含む YH1 株）ゲノム中の栄養要求性の原因となる変異遺伝子のいくつかを野生型遺伝子で置換し、さらに残った変異型遺伝子にたいする優性野生型遺伝子を持つ YPH500 由来株と接合させることにより原栄養体株を得ることができる。本発明では二倍体細胞であって原栄養体株を使用することが好ましい。

培養後、プレニルアルコールが菌体内又は細胞内に生産される場合には、ホモジナイザー処理などを施して菌体又は細胞を破碎することにより目的のプレニルアルコールを採取する。また、細胞を破碎せずに有機溶媒等で直接抽出してもよい。あるいは、本発明のプレニルアルコールが菌体外又は細胞外に生産される場合には、培養液をそのまま使用するか、遠心分離等により菌体又は細胞を除去する。その後、有機溶媒による抽出等により前記培養物中からプレニルアルコールを採取し、必要に応じてさらに各種クロマトグラフィー等を用いて単離精製することができる。

本発明において、株とベクターとの好ましい組み合わせ及びプレニルアルコール生産の関係を例示すると表 4 の通りである。

表 4

| プロモーター | 遺伝子 | 宿主 | 添加試薬 | GGOH生産量 (mg/l)1 | GGOH生産量 (mg/l)2 | GGOH生産量 (mg/l)3 |
|--------|------|-------------|------|--------------------|--------------------|--------------------|
| hosts | | | | | | |
| | - | Sc A451 | - | (0.00-0.02) | | |
| | - | AURGG101 | - | (0.00-0.02) | | |
| | - | Sc YPH499 | - | (0.00) | | |
| | - | Ec JM109 | - | (0.00) | | |
| HMG1 | | | | | | |
| | HMG1 | Sc A451 | - | 0.07 | 0.07-0.35 | - |
| | HMG1 | Sc A451 | - | 0.05 | 0.05-0.14 | - |
| | HMG1 | Sc A451 | - | 0.05 | 0.05-0.1 | - |
| | HMG1 | Sc AURGG101 | - | 0.05 | 0.05-2.2 | - |
| | HMG1 | Sc EUG8 | - | 0.05 | 0.05-0.16 | - |
| | HMG1 | Sc EUG12 | - | 0.05 | 0.05-1.03 | - |
| | HMG1 | Sc EUG27 | - | 0.05 | 0.05-0.63 | - |

| HMG1Δ | GAL1 | HMG1Δ 044 | Sc A451 | 0.05 | — |
|-------|-----------|-------------|---------|-----------|---------|
| GAL1 | HMG1Δ 056 | Sc A451 | 0.05 | 0.05-0.07 | — |
| GAL1 | HMG1Δ 062 | Sc A451 | 0.05 | 0.05-0.07 | — |
| GAL1 | HMG1Δ 078 | Sc A451 | 0.05 | — | — |
| GAL1 | HMG1Δ 081 | Sc A451 | 0.05 | — | — |
| GAL1 | HMG1Δ 112 | Sc A451 | 0.05 | 0.05-0.06 | — |
| GAL1 | HMG1Δ 122 | Sc A451 | 0.05 | 0.05-0.06 | — |
| GAL1 | HMG1Δ 044 | Sc AURGG101 | 0.05 | 0.05-2.2 | 2.2-7.9 |
| GAL1 | HMG1Δ 062 | Sc AURGG101 | 0.05 | 0.05-0.06 | — |
| GAL1 | HMG1Δ 075 | Sc AURGG101 | 0.05 | 0.05-0.06 | — |
| GAL1 | HMG1Δ 081 | Sc AURGG101 | 0.05 | — | — |
| GAP | HMGΔ 044 | Sc EUG5 | 0.05 | 0.05-0.09 | — |
| GAP | HMGΔ 056 | Sc EUG5 | 0.05 | 0.05-0.11 | — |
| GAP | HMGΔ 062 | Sc EUG5 | 0.05 | 0.05-0.13 | — |
| GAP | HMGΔ 076 | Sc EUG5 | 0.05 | 0.05-0.15 | — |
| GAP | HMGΔ 081 | Sc EUG5 | 0.05 | 0.05-0.14 | — |
| GAP | HMGΔ 100 | Sc EUG5 | 0.05 | 0.05-0.18 | — |
| GAP | HMGΔ 112 | Sc EUG5 | 0.05 | 0.05-0.34 | — |
| GAP | HMGΔ 122 | Sc EUG5 | 0.05 | 0.05-0.13 | — |
| GAP | HMGΔ 133 | Sc EUG5 | 0.05 | 0.05-0.71 | — |
| GAP | HMGΔ 026 | Sc EUG12 | 0.05 | 0.05-0.63 | — |
| GAP | HMGΔ 044 | Sc EUG12 | 0.05 | 0.05-0.44 | — |
| GAP | HMGΔ 056 | Sc EUG12 | 0.05 | 0.05-0.40 | — |
| GAP | HMGΔ 062 | Sc EUG12 | 0.05 | 0.05-0.45 | — |
| GAP | HMGΔ 076 | Sc EUG12 | 0.05 | 0.05-0.55 | — |
| GAP | HMGΔ 081 | Sc EUG12 | 0.05 | 0.05-0.49 | — |
| GAP | HMGΔ 100 | Sc EUG12 | 0.05 | 0.05-0.44 | — |
| GAP | HMGΔ 112 | Sc EUG12 | 0.05 | 0.05-0.53 | — |
| GAP | HMGΔ 122 | Sc EUG12 | 0.05 | 0.05-0.50 | — |

| HMG1+HMG1Δ FPS gene | GAP | | HMG1Δ133 | | Sc EUG12 | | 0.05 | 0.05-0.44 | - |
|------------------------|-----------|-----|-------------------------|---------------------|-------------|-------------|------|-----------|---|
| | GAL1, GAP | GAP | HMG1Δ044, HMG1 ERG20 | Sc AURGG101 | Sc AURGG101 | Sc A451 | | | |
| | lac | | fpsm | | | Ec JM109 | 0.05 | 0.05-0.07 | - |
| | tac | | ispAm(Y79D) | | | Ec JM109 | 6.9 | 6.9-16 | - |
| | tac | | ispAm(Y79E) | | | Ec JM109 | 0.06 | 0.06-0.12 | - |
| | tac | | ispAm | | | Ec JM109 | 0.14 | 0.14-0.26 | - |
| BTS1 (Ylp) | GAL1 | | BTS1 integrated | Sc A451(AURGG102) | | Ec JM109 | 6.0 | 6.0-22 | - |
| | GAL1 | | BTS1 integrated | Sc YPH499(AURGG703) | | | 0.05 | 0.05-0.07 | - |
| BTS1 (Yep) | GAP | | BTS1 | | | Sc A451 | 0.10 | 0.10-0.58 | - |
| | GAP | | BTS1 | | | Sc YPH499 | 0.05 | 0.05-0.15 | - |
| | GAP | | BTS1 | | | Sc EUG8 | 0.05 | 0.05-1.4 | - |
| | GAP | | BTS1 | | | Sc EUG12 | 0.05 | 0.05-1.6 | - |
| | GAP | | BTS1 | | | Sc EUG27 | 0.05 | 0.05-1.5 | - |
| HMG1Δ+FPS gene | GAL1, GAP | | HMG1Δ044, ERG20 | Sc AURGG101 | | | 0.38 | 0.38-11.3 | - |
| | GAL1, GAP | | HMG1Δ044, ispA | Sc AURGG101 | | | 0.11 | 0.11-1.64 | - |
| HMG1+BTS1(Yep) | GAP, GAP | | HMG1, BTS1 | | | Sc YPH499 | 0.14 | 0.14-0.58 | - |
| | TEF, GAP | | HMG1, BTS1 | | | Sc YPH499 | 0.13 | 0.13-0.63 | - |
| HMG1+BTS1(Ylp) | GAP, GAL1 | | HMG1, BTS1 | | | Sc AURGG102 | 0.05 | 0.05-1.3 | - |
| | GAP, GAL1 | | HMG1, BTS1 | | | Sc AURGG703 | 0.05 | 0.05-0.46 | - |

| HMG1 Δ + BTS1 (YEp) | GAL1, GAP | HMG1 Δ 044, BTS1 | Sc AURGG101 | 0.46 | 0.46-9.8 | - |
|---------------------|-----------|-----------------------------|-------------|------|-----------|---|
| HMG1 Δ + MVN genes | GAP, GAL1 | HMG1 Δ 027, BTS1 integrated | Sc AURGG102 | 0.05 | 0.05-0.08 | - |
| | GAP, GAL1 | HMG1 Δ 044, BTS1 integrated | Sc AURGG102 | 0.05 | 0.05-0.42 | - |
| | GAP, GAL1 | HMG1 Δ 045, BTS1 integrated | Sc AURGG102 | 0.05 | 0.05-0.61 | - |
| | GAP, GAL1 | HMG1 Δ 059, BTS1 integrated | Sc AURGG102 | 0.05 | 0.05-0.10 | - |
| | GAP, GAL1 | HMG1 Δ 082, BTS1 integrated | Sc AURGG102 | 0.05 | 0.05-0.42 | - |
| | GAP, GAL1 | HMG1 Δ 083, BTS1 integrated | Sc AURGG102 | 0.05 | 0.05-0.11 | - |
| | GAP, GAL1 | HMG1 Δ 075, BTS1 integrated | Sc AURGG102 | 0.05 | 0.05-0.40 | - |
| | GAP, GAL1 | HMG1 Δ 083, BTS1 integrated | Sc AURGG102 | 0.05 | 0.05-0.21 | - |
| | GAP, GAL1 | HMG1 Δ 094, BTS1 integrated | Sc AURGG102 | 0.05 | 0.05-0.14 | - |
| | GAP, GAL1 | HMG1 Δ 106, BTS1 integrated | Sc AURGG102 | 0.05 | 0.05-0.12 | - |
| | GAP, GAL1 | HMG1 Δ 122, BTS1 integrated | Sc AURGG102 | 0.05 | 0.05-0.16 | - |
| | GAP, GAL1 | HMG1 Δ 123, BTS1 integrated | Sc AURGG102 | 0.05 | 0.05-0.09 | - |
| | GAP, GAL1 | HMG1 Δ 134, BTS1 integrated | Sc AURGG102 | 0.05 | 0.05-0.11 | - |
| | GAP, GAL1 | HMG1 Δ 044, BTS1 integrated | Sc AURGG703 | 0.12 | 0.12-0.20 | - |
| | GAP, GAL1 | HMG1 Δ 082, BTS1 integrated | Sc AURGG703 | 0.16 | 0.16-0.24 | - |
| | GAL1, GAP | HMG1 Δ 044, HMGS | Sc AURGG101 | 0.20 | 0.20-1.3 | - |
| | GAL1, GAP | HMG1 Δ 044, ERG12 | Sc AURGG101 | 0.21 | 0.21-1.0 | - |
| | GAL1, GAP | HMG1 Δ 044, ERG8 | Sc AURGG101 | 0.12 | 0.12-2.7 | - |
| | GAL1, GAP | HMG1 Δ 044, ERG10 | Sc AURGG101 | 0.17 | 0.17-1.22 | - |
| | GAL1, GAP | HMG1 Δ 044, ERG19 | Sc AURGG101 | 0.05 | 0.05-1.89 | - |
| | GAL1, GAP | HMG1 Δ 044, IDI1 | Sc AURGG101 | 0.05 | 0.05-0.79 | - |
| | GAL1, GAP | HMG1 Δ 044, idi | Sc AURGG101 | 0.43 | 0.43-1.2 | - |

| FPS gene+idi | tac, idi | ispAm, idi | Ec JM109 | | |
|-----------------|----------|-----------------------|-----------|------|-----------|
| FGG fusion | GAP | ERG20-BTS1 | Sc YPH499 | 0.07 | — |
| | GAP | ERG20-BTS1-HDEL | Sc YPH499 | 0.06 | 0.06-0.27 |
| | GAP | BTS1-ERG20 | Sc A451 | 0.05 | 0.05-0.12 |
| | GAP | BTS1-ERG20 | Sc YPH499 | 0.05 | 0.05-0.35 |
| | GAP | BTS1-ERG20 | Sc EUG5 | 0.17 | 0.17-0.46 |
| | GAP | BTS1-ERG20 | Sc EUG12 | 0.05 | 0.05-2.9 |
| | GAP | BTS1-ERG20-HDEL | Sc A451 | 0.07 | 0.07-5.4 |
| | GAP | BTS1-ERG20-HDEL | Sc YPH499 | 0.05 | 0.05-0.07 |
| | GAP | BTS1-ERG20-HDEL | Sc EUG5 | 0.44 | 0.44-0.80 |
| | GAP | BTS1-ERG20-HDEL | Sc EUG12 | 0.21 | 0.21-0.35 |
| HMG1+BTSHDEL | GAP, GAP | HMG1, BTS1-HDEL | Sc YPH499 | 1.3 | 1.3-5.6 |
| HMG1+FGG fusion | GAP, GAP | HMG1, ERG20-BTS | Sc YPH499 | 0.14 | 0.14-0.23 |
| | GAP, GAP | HMG1, ERG20-BTS1-HDEL | Sc YPH499 | 0.20 | 0.20-0.46 |
| | GAP, GAP | HMG1, BTS1-ERG20 | Sc YPH499 | 0.11 | 0.11-0.29 |
| | GAP, GAP | HMG1, BTS1-ERG20 | Sc A451 | 0.05 | 0.05-4.1 |
| | GAP, GAP | HMG1, BTS1-ERG20-HDEL | Sc YPH499 | 0.46 | 0.46-2.1 |
| | GAP, GAP | HMG1, BTS1-ERG20-HDEL | Sc A451 | 0.05 | 0.05-5.1 |
| | GAP, GAP | HMG1, BTS1-ERG20-HDEL | Sc YPH499 | 1.0 | 1.0-1.9 |
| | | | | | 2.2-5.6 |

GGOH生産量: 1は下限、2は好ましい範囲、3はさらに好ましい範囲を示す。

宿主: Scは *S. cerevisiae*、Ecは *E. coli* を示す

fpsは *B. stearotheophilus* FPS gene

fpsmlは *B. stearotheophilus* FPSm(Y81M) gene

idiは *E. coli* IPP isomerase gene/ プラスミドは p3-47-13

ispAmは *E. coli* ispAm(Y79M) gene/ プラスミドは pALispA10m

(i) pRS445GAP に、GGPP 合成酵素遺伝子 *BTS1* を組み込んでプラスミド pRS445GG を作製し、これを宿主である A451 株又は YPH499 に導入すると、GGOH 生産量が上昇する (平均約 0.4mg/l)。

(ii) GGPP 合成酵素遺伝子 *BTS1* と FPP 合成酵素遺伝子 *ERG20* との融合遺伝子を pRS435GAP 又は pRS445GAP に組み込んだプラスミド pRS435FGG、pRS445FGG、pRS435GGF 又は pRS445GGF、あるいは、これら融合遺伝子の末端に HDEL 配列をコードする塩基配列を連結したプラスミド (上記融合遺伝子が発現したときに生産されるポリペプチドの C 末端に HDEL 配列が付加されるように改変した遺伝子を含むプラスミド) pRS435FGGHDEL、pRS445FGGHDEL、pRS435GGFHDEL を作製し、これらを宿主 A451 又は YPH499 に導入すると、*ERG20-BTS1* 融合で平均 0.20mg/l、*BTS1-ERG20* 融合で平均 0.39mg/l、*BTS1-ERG20-HDEL* 融合で平均 0.62mg/l の GGOH を生産する。

(iii) HMG-CoA 還元酵素遺伝子 *HMG1* が pRS434GAP に組み込まれたプラスミド pRS434GAP-HMG1 と、上記融合遺伝子を含むプラスミド pRS435GGF とを宿主 YPH499 に導入して共発現すると、平均 1.55mg/l の GGOH を生産する。YMO 培地 (YM 培地に大豆油などを添加したもの) で 30℃ で 7 日培養すると 5.61mg/l の GGOH を生産する。

(iv) pRS435GGFHDEL と pRS434GAP-HMG1 とを宿主 YPH499 に導入して共発現すると、平均 1.50mg/l の GGOH を生産する。YMO 培地で 30℃ で 7 日培養すると 5.64mg/l の GGOH を生産する。

(v) pRS435GGF と pRS434GAP-HMG1 とを宿主 YPH499 に導入して、ジャーファーマンターで 109 時間培養すると 128mg/l の GGOH を生産する。

(vi) HMG-CoA 還元酵素遺伝子と GGF 融合遺伝子とを共発現させると、ほとんどの株で 100 mg/l 以上の GGOH を生産し、最大で 189 mg/l の GGOH を生産する。

(vii) HMG-CoA 還元酵素遺伝子と GGF 融合遺伝子との共発現株を原栄養体化及び二倍体化した pRS435GGF/YH3 株を用いフェドバッチ培養し、培養開始 20 時間以降のフィード液として 500 g/l グルコース液を用いると 0.47 g/l の GGOH を、400 g/l エタノール液を用いると 1.16 g/l の GGOH を生産する。

(viii) pRS435GGF/YH3 株を用い、フェドバッチ培養を行い、培養開始後 21 時間以降のフィード液の全炭素源に対するエタノールの割合を 71%にし、さらに酢酸アンモニウムを添加した場合は 2.5g/l の GGOH を生産する。

図面の簡単な説明

- 図 1 は、メバロン酸経路関連酵素の代謝経路を示す図である。
- 図 2A は、置換変異のパターンを示す図である。
- 図 2B は、欠失型 *HMG1* 遺伝子の構築図である
- 図 3 は、プラスミド pRS414 を示す図である。
- 図 4 は、プラスミド pYES2 を示す図である。
- 図 5 は、*ADH1* プロモーター、ターミネーターの配列を示す図である。
- 図 6A は、プラスミド pRS414PTadh を示す図である。
- 図 6B は、プラスミド pRS414TPadh を示す図である。
- 図 7A は、プラスミド pRS434GAP を示す図である。
- 図 7B は、プラスミド pRS434TEF を示す図である。
- 図 7C は、プラスミド pRS435GAP を示す図である。
- 図 7D は、プラスミド pRS444GAP を示す図である。
- 図 7E は、プラスミド pRS444TEF を示す図である。
- 図 7F は、プラスミド pRS445GAP を示す図である。
- 図 8 は、pT7 ベクターに挿入された各メバロン酸経路関連遺伝子の方向を示す図である。
- 図 9 は、プラスミド pALHMG106 の物理地図を示す図である。
- 図 10 は、ORF182 断片上の制限酵素認識部位を示す図である。
- 図 11 は、*B. stearotheophilus* FPP 合成酵素変異体(Y81M)の発現ベクターを示す図である。
- 図 12 は、サザンブロットハイブリダイゼーションの結果を示す写真である。
- 図 13 は、PCR マッピングの結果を示す写真である。
- 図 14 は、ノーザンブロッティングの結果を示す写真である。
- 図 15A は、粗酵素液中の各プレニルニリン酸合成酵素の比活性を示す図である。
- 図 15B は、粗酵素液中の各プレニルニリン酸合成酵素の比活性を示す図である。

図 16 は、恒常発現型プロモーターを連結した *HMG1* 遺伝子を A451 に導入したときの各組換え体の GGOH 生産量を示す図である。

図 17 は、*GAL1p-HMG1* を含む YE_p 発現ベクターを保持する A451 又は AURGG101 を宿主としたときの各組換え体の GGOH 生産量を示す図である。

図 18 は、プラスミド pYES2-HMG を、AURGG102 と AURGG703 へ導入したときの各組換え体の GGOH 生産量を示す図である。

図 19 は、*GAL1p* を含むベクター pYES2 に欠失型 *HMG1* 遺伝子を挿入したときの各組換え体の GGOH 生産量を示す図である。

図 20 は、*GAL1p* を含むベクター pYES2 に欠失型 *HMG1* 遺伝子を挿入したときの各組換え体の GGOH 生産量を示す図である。

図 21 は、*GAL1p* を含むベクター pYES2 に欠失型 *HMG1* 遺伝子を挿入したときの GGOH 生産量を示す図である。

図 22 は、*GAL1p* を含むベクター pYES2 に欠失型 *HMG1* 遺伝子を挿入したときの GGOH 生産量を示す図である。

図 23 は、p4M、p16M 等を保持する組換え *E. coli* を、IPP と DMAPP を含む培地で培養したときのプレニルアルコール生成量を示す図である。

図 24 は、*BTS1* と *ERG20* の融合遺伝子を作製するために使用するプライマー並びにその位置及び方向を示す図である。

図 25 は、*ERG20-BTS1* 融合遺伝子を A451 系の株に導入して GGOH 生産量を測定した結果を示す図である。

図 26 は、*ERG20-BTS1* 融合遺伝子を YPH499 系の株に導入して GGOH 生産量を測定した結果を示す図である。

図 27 は、*TEF2p-HMG1* を導入した YPH499 系株を宿主としたときの GGOH 生産量を測定した結果を示す図である。

図 28 は、*TDH3p-HMG1* を導入した YPH499 系株を宿主としたときの GGOH 生産量を測定した結果を示す図である。

図 29A は、A451 系株を宿主としたときの GGOH 生産量を測定した結果を示す図である。

図 29B は、A451 系株を宿主としたときの GGOH 生産量を測定した結果を示す図である。

図 30A は、YPH499 系株を宿主としたときの GGOH 生産量を測定した結果を示す図である。

図 30B は、YPH499 系株を宿主としたときの GGOH 生産量を測定した結果を示す図である。

図 31A は、A451 に pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を導入し、所定の糖組成で 2 日培養したときの GGOH の生産量を示す図である。

図 31B は、A451 に pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を導入し、所定の糖組成で 4 日培養したときの GGOH の生産量を示す図である。

図 31C は、A451 に pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を導入し、所定の糖組成で 7 日培養したときの GGOH の生産量を示す図である。

図 32A は、AH1 に pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を導入し、所定の糖組成で 2 日培養したときの GGOH の生産量を示す図である。

図 32B は、AH1 に pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を導入し、所定の糖組成で 4 日培養したときの GGOH の生産量を示す図である。

図 32C は、AH1 に pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を導入し、所定の糖組成で 7 日培養したときの GGOH の生産量を示す図である。

図 33A は、EUG5 に pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を導入し、所定の糖組成で 2 日培養したときの GGOH の生産量を示す図である。

図 33B は、EUG5 に pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を導入し、所定の糖組成で 4 日培養したときの GGOH の生産量を示す図である。

図 33C は、EUG5 に pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を導入し、所定の糖組成で 7 日培養したときの GGOH の生産量を示す図である。

図 34A は、YPH499 に pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を導入し、所定の糖組成で 2 日培養したときの GGOH の生産量を示す図である。

図 34B は、YPH499 に pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を導入し、所定の糖組成で 4 日培養したときの GGOH の生産量を示す図である。

図 34C は、YPH499 に pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を導入し、所定の糖組成で 7 日培養したときの GGOH の生産量を示す図である。

図 35A は、YH1 に pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を導入し、所定の糖組成で 2 日培養したときの GGOH の生産量を示す図である。

図 35B は、YH1 に pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を導入し、所定の糖組成で 4 日培養したときの GGOH の生産量を示す図である。

図 35C は、YH1 に pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を導入し、所定の糖組成で 7 日培養したときの GGOH の生産量を示す図である。

図 36A は、EUG12 に pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を導入し、所定の糖組成で 2 日培養したときの GGOH の生産量を示す図である。

図 36B は、EUG12 に pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を導入し、所定の糖組成で 4 日培養したときの GGOH の生産量を示す図である。

図 36C は、EUG12 に pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を導入し、所定の糖組成で 7 日培養したときの GGOH の生産量を示す図である。

図 37 は、pRS435GGF/YH1 (pRS434GAP-HMG1/ YPH499) 株を、大豆油含有培地でジャーファーマンター培養したときのプレニルアルコール生産量を測定した結果を示す図である。

図 38 は、15-2 株を、大豆油含有培地でジャーファーマンター培養したときのプレニルアルコール生産量を測定した結果を示す図である。

図 39 は、融合遺伝子の発現を確認するために行ったノーザンブロットハイブリダイゼーションの結果を示す写真である。

図 40 は、ウエスタンブロットの結果を示す写真である。

図 41A は、HMG-CoA 還元酵素遺伝子と、GGPP 合成酵素遺伝子-FPP 合成酵素遺伝子融合遺伝子とを共発現させた株における GGOH 生産量を測定した結果を示す図である。

図 41B は、HMG-CoA 還元酵素遺伝子と、GGPP 合成酵素遺伝子-FPP 合成酵素遺伝子融合遺伝子とを共発現させた株における GGOH 生産量を測定した結果を示す図である。

図 41C は、HMG-CoA 還元酵素遺伝子と、GGPP 合成酵素遺伝子-FPP 合成酵素遺伝子融合遺伝子とを共発現させた株における GGOH 生産量を測定した結果を示す図である。

図 42 は、フィード液の流速条件を示す図である。

発明を実施するための最良の形態

以下、実施例により本発明をさらに具体的に説明する。但し、本発明はこれら実施例にその技術的範囲が限定されるものではない。

本実施例は、以下の内容を包含する。

(1) Stratagene 社の pRS 系各ベクター、Invitrogen 社の pYES、又は *Saccharomyces cerevisiae* YPH499 由来のゲノム DNA をもとにして、発現ベクター pRS435GAP などを作製する。

(2) メバロン酸経路関連酵素遺伝子のクローニング

アセチル補酵素 A アセチル転移酵素遺伝子、HMG-CoA 還元酵素遺伝子又はその変異型遺伝子、メバロン酸キナーゼ遺伝子、メバロン酸リン酸キナーゼ遺伝子、メバロン酸二リン酸脱炭酸酵素遺伝子、イソペンテニルニリン酸 Δ -イソメラーゼ遺伝子、ファルネシルニリン酸合成酵素遺伝子又はその置換変異型遺伝子、及びゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素遺伝子をクローニングし、発現ベクターを作製する。

(3) A451、YPH499 などの宿主に、メバロン酸経路関連酵素遺伝子を含むプラスミドを導入する。また、A451、YPH499 のゲノム DNA 中の *ERG9* 転写プロモーターを pYES2 由来の *GAL1* 転写プロモーターで置換した変異株 (EUG 株) を作製し、プレニルニリン酸合成酵素遺伝子導入用宿主とする。

(4) A451 に *AUR1-C* 遺伝子をインテグレートした A451 宿主由来株 AURGG101、及び *AUR1* 遺伝子座に *AUR1-C* 遺伝子と共に、*GAL1* プロモーター、*BTS1* および *CYC1* ターミネーターを含む A451 由来株 AURGG102 を作製し、遺伝子導入用宿主とする

(5) 各宿主にプレニルニリン酸合成酵素発現ベクターを導入し、YM7 培地 (YM 培地を NaOH で pH7 に調整したもの)、YMO 培地、IPP 及び DMAPP 含有培地などの所定の培地で培養し、培養液を抽出してプレニルアルコール (特に GGOH) を分離定量する。成績の良好な株については、ジャーファーメンターで長時間培養し、プレニルアルコールを大量生産する。さらに、組換え体を原栄養体化及び二倍体化したときの GGOH 生産に対する影響、あるいは培地に添加するエタノールやアンモニア等の化合物の GGOH 生産に対する影響も検討する。

〔実施例 1〕 発現ベクターの構築

(1) *E. coli*-*S. cerevisiae* シャトルベクター

Stratagene 社よりプラスミド pRS404、pRS405 及び pRS414 (図 3) を購入した。宝酒造より pAUR123 を購入し、Invitrogen 社 (Carlsbad, CA) から pYES2 (図 4) を購入した。

(2) ゲノム DNA

S. cerevisiae ゲノム DNA は、宝酒造から酵母ゲノム DNA 調製用キット「Gen とるくん」を購入し、添付のプロトコルに従って *S. cerevisiae* YPH499 からゲノム DNA を調製した。

E. coli ゲノム DNA は、*E. coli* JM109 (宝酒造) から次の方法で調製した。JM109 を 1.5 ml 2xYT 培地で培養後、遠心により集菌し、567 μ l の TE (pH 8.0)、3 μ l の 20 mg/ml proteinase-K (Boehringer Mannheim, Mannheim, Germany) 及び 30 μ l の 10% SDS を加え、37℃で 1 時間保温後、100 μ l の 5 M NaCl を加え混合した。これに、80 μ l の CTAB/NaCl 溶液 (10% CTAB, 0.7 M NaCl) を加え、65℃で 10 分加熱した。これを 700 μ l のクロロホルム / イソアミルアルコール (24:1) で抽出し、水層画分をさらに 600 μ l のフェノール/クロロホルム / イソアミルアルコール (25:24:1) で抽出した。抽出後の水層画分に 0.6 容量のイソプロパノールを加えて遠心した。沈殿画分を 70% エタノールで洗い、乾燥後 100 μ l の TE (pH 8.0) に溶解し大腸菌ゲノム DNA 溶液とした。DNA を OD₂₆₀ で測定、定量後、DNA 濃度が 1 μ g/ μ l になるように TE で調製した。

E. coli からのプラスミド DNA は、Promega (Madison, WI) の Wizard PureFect Plasmid DNA Purification System を用いて調製した。

(3) pRS414 へ *ADH1p*-*ADH1t* 断片の挿入

pRS414 (図 3) を *Nae*I と *Pvu*II で切断し、*f1 ori* と *LacZ* 部分を含まない 4.1 kbp 断片をアガロースゲル電気泳動で精製した。また、pAUR123 を *Bam*HI で切断し、Klenow 酵素で平滑末端にした後、アガロースゲル電気泳動で *ADH1* プロモーター (*ADH1p*) 及び *ADH1* ターミネーター (*ADH1t*) を含む 1.0 kbp

の断片 (図 5、配列番号 23) を精製した。pRS414 の 4.1kbp 断片には、大腸菌と酵母の複製開始点、大腸菌用形質転換マーカー Amp^r と酵母用栄養要求性マーカー TRP1 が残っており、pAUR123 1.0 kbp 断片は *ADHIp*、*ADHIit* およびそれらに挟まれたクローニングサイトを含んでいる。この二つの断片を宝酒造 DNA ライゲーションキットにより連結したのち *E. coli* SURE2 スーパーコンピテント細胞 (Stratagene, La Jolla, CA) へ形質転換した。

得られた組換え体からプラスミド DNA を調製し、*SaII* と *ScaI* によるマッピングでチェックしたところ、二通りの向きで pRS414 へ挿入されたプラスミド pRS414PTadh (図 6 A) 及び pRS414TPadh (図 6 B) が得られた。

(4) pRS ベクターへ *CYC1t* 断片の挿入

CYC1 転写ターミネーター *CYC1t* 断片は PCR で調製した。以下の PCR 用オリゴ DNA : *XhoI*-*Tcyc1FW* と *ApaI*-*Tcyc1RV* との組合せを PCR 用プライマー DNA に用い、鋳型として pYES2 を用いた。

XhoI-*Tcyc1FW* : 5'- TGC ATC TCG AGG GCC GCA TCA TGT AAT TAG -3' (配列番号 40)

ApaI-*Tcyc1RV* : 5'- CAT TAG GGC CCG GCC GCA AAT TAA AGC CTT CG -3' (配列番号 41)

反応は、0.1 μ g pYES2, 50 pmol プライマー DNA, $MgSO_4$ 含有 1x *Pfu* バッファー (Promega, Madison, WI), 10 nmol dNTP, 1.5 u *Pfu* DNA ポリメラーゼ (Promega) 及び 1 μ l Perfect Match ポリメラーゼエンハンサー (Stratagene) を含む 50 μ l の反応液を調製し、95°C 2 分、(95°C 45 秒、60°C 30 秒、72°C 1 分) \times 30 サイクル、72°C 5 分、4°C ストックの反応条件で行った。増幅した 2 種の DNA をそれぞれ *XhoI* と *ApaI* で切断し、アガロースゲル電気泳動で 260 bp の DNA 断片を精製し *CYC1t*-XA とした。

pRS404、pRS405 の *XhoI*-*ApaI* 部位に *CYC1t*-XA を挿入し、それぞれ、pRS404*Tcyc*、pRS405*Tcyc* とした。

(5) 転写プロモーターの調製

pAUR123 または酵母ゲノム DNA を鋳型にして PCR により転写プロモーター

を含む DNA 断片を調製した。使用した DNA プライマーは以下の通りである。

SacI-Ptdh3FW : 5'-CAC GGA GCT CCA GTT CGA GTT TAT CAT TAT CAA-3' (配列番号 42)

SacII-Ptdh3RV : 5'-CTC TCC GCG GTT TGT TTG TTT ATG TGT GTT TAT TC -3' (配列番号 43)

SacI-Ptef2FW:5'-CCG CGA GCT CTT ACC CAT AAG GTT GTT TGT G AC G-3' (配列番号 44)

SacII-Ptef2RV:5'-CTT TCC GCG GGT TTA GTT AAT TAT AGT TCG TT G ACC-3' (配列番号 45)

ADH1 転写プロモーター *ADH1p* 増幅用には SacI-Padh1FW 及び SacII-Padh1RV を PCR 用 DNA プライマーに用い、鋳型に pAUR123 を用いた。*TDH3* (*GAP*) 転写プロモーター *TDH3p* (*GAPp*) 増幅用には SacI-Ptdh3FW 及び SacII-Ptdh3RV を PCR 用 DNA プライマーに用い、*TEF2* 転写プロモーター *TEF2p* 増幅用には SacI-Ptef2FW 及び SacII-Ptef2RV を PCR 用 DNA プライマーに用い、鋳型にはそれぞれ酵母ゲノム DNA を用いた。反応溶液は、0.1 μ g pAUR123 又は 0.46 μ g 酵母ゲノム DNA, 100 pmol プライマー DNA, 1x ExTaq バッファー(宝酒造), 20 nmol dNTP, 0.5 u ExTaq DNA ポリメラーゼ(宝酒造)及び 1 μ l Perfect Match ポリメラーゼエンハンサーを含む 100 μ l 溶液を調製し、95 $^{\circ}$ C 2 分、(95 $^{\circ}$ C 45 秒、60 $^{\circ}$ C 1 分、72 $^{\circ}$ C 2 分) \times 30 サイクル、72 $^{\circ}$ C 4 分、4 $^{\circ}$ C ストックの反応条件で行った。増幅した 4 種の DNA を SacI と SacII で切断し、アガロースゲル電気泳動でそれぞれ 620 bp、680 bp、710 bp、400 bp の DNA 断片を精製し、*TDH3p*、*TEF2p* とした。

(6) 2 μ DNA 複製開始領域の調製

YE_p ベクターである pYES2 を *SspI* と *NheI* で切断後、2 μ DNA 複製開始点 (2 μ ori) を含む 1.5 kbp 断片をアガロースゲル電気泳動により精製し、Klenow 酵素で平滑末端化し、この DNA 断片を 2 μ OriSN とした。

(7) YE_p 型発現ベクターの作製

pRS404Tcyc、pRS405Tcyc を BAP (bacterial alkaline phosphatase, 宝酒造)

処理した *NaeI* 部位に 2μ OriSN を挿入し、*E. coli* SURE2 に形質転換した後プラスミド DNA を調製した。これを、*DraIII* 及び *EcoRI*、*HpaI*、または、*PstI* 及び *PvuII* により切断後、アガロースゲル電気泳動し、 2μ ori の挿入とその向きをチェックした。作製した pRS404Tcyc、pRS405Tcyc に pYES2 と同じ向きで 2μ ori が挿入されたプラスミドをそれぞれ pRS434Tcyc 2μ Ori、pRS435Tcyc 2μ Ori とし、pRS404Tcyc、pRS405Tcyc に pYES2 と反対向きで 2μ ori が挿入されたプラスミドをそれぞれ pRS444Tcyc 2μ Ori、pRS445Tcyc 2μ Ori とした。

pRS434Tcyc 2μ Ori、pRS435Tcyc 2μ Ori、pRS444Tcyc 2μ Ori 及び pRS445Tcyc 2μ Ori の 4 種のプラスミドの *SacI*-*SacII* 部位に、転写プロモーターを含む断片 *ADH1p*、*TDH3p*(*GAPp*)、*PGK1p* 又は *TEF2p* を挿入し DNA をクローン化した。その結果、(i) pRS434Tcyc 2μ Ori から pRS434GAP 及び pRS434TEF が、(ii) pRS435Tcyc 2μ Ori から pRS435GAP が、(iii) pRS444Tcyc 2μ Ori から pRS444GAP 及び pRS444TEF が、(iv) pRS445Tcyc 2μ Ori から pRS445GAP が、それぞれ得られた (図 7 A~F)。

本発明で作製した発現ベクターを整理すると表 5 の様になる。

表 5

| ベクター | タイプ | マーカー 及び方向* | プロモーター、 ターミネーター及び方向* | | | ori及び方向* | |
|-------------|------|---------------|-------------------------|------|---|-------------|---|
| pRS414PTadh | YCp | TRP1 + | ADH1 | ADH1 | + | ARS4 & CEN6 | + |
| pRS414TPadh | YCp | TRP1 + | ADH1 | ADH1 | - | ARS4 & CEN6 | + |
| pRS434GAP | YEpl | TRP1 + | TDH3 | CYC1 | - | 2μ | + |
| pRS434TEF | YEpl | TRP1 + | TEF2 | CYC1 | - | 2μ | + |
| pRS435GAP | YEpl | LEU2 + | TDH3 | CYC1 | - | 2μ | + |
| pRS444GAP | YEpl | TRP1 + | TDH3 | CYC1 | - | 2μ | - |
| pRS444TEF | YEpl | TRP1 + | TEF2 | CYC1 | - | 2μ | - |
| pRS445GAP | YEpl | LEU2 + | TDH3 | CYC1 | - | 2μ | - |

* マーカー及び遺伝子発現用転写単位 of + 及び - 方向は、それぞれ下流、上流を示す。ori of + 及び - は、YCp ベクターは pRS と、YEpl ベクターは pYES ベクターと、それぞれ同じ、異なる方向であることを示す。

(8) YEpl 型発現ベクターの酵母への導入

作製した YEpl 型発現ベクターの DNA 複製領域が機能するかを調べるため、各 YEpl 型発現ベクター約 40 ng を Frozen-EZ Yeast Transformation II (Zymo Research, Orange, CA) を用いた方法で YPH499 へ導入し (手順はキット同封の説明書に従った)、SD-W 寒天プレート (DOB+CSM(-Trp), BIO101, Vista, CA) 上で 30℃ で生育してくるコロニーを調べた。結果を表 6 に示す。

表 6

| | GAP | TEF |
|---------|-------|-------|
| pRS 434 | >1000 | >1000 |
| 435 | >1000 | — |
| 444 | >1000 | >1000 |
| 445 | >1000 | — |

表 6 の結果より、本発明で作製した各 YEp 型ベクターは、プラスミドとして正常に保持されることがわかった。

〔実施例 2〕 メバロン酸経路関連酵素遺伝子のクローニング

酵母 cDNA からの遺伝子クローニングの際には、Clontech 社 (Palo Alto, CA) より購入した *S. cerevisiae* DBY746 由来の cDNA ライブラリ “Quick-Clone cDNA” を用いた。

(1) ファルネシルニリン酸合成酵素遺伝子のクローニング

(1-1) *Saccharomyces cerevisiae* 由来の FPP 合成酵素遺伝子 *ERG20* :

PCR(polymerase chain reaction)法で *S. cerevisiae* FPP 合成酵素遺伝子 *ERG20* 約 0.9 kbp 断片 (配列番号 1) を、cDNA を鋳型にして増幅した。PCR プライマーは以下の通りである。

Primer 1 (SCFPS1): 5'-ATG GCT TCA GAA AAA GAA ATT AG-3' (配列番号 46)

Primer 2 (SCFPS 2): 5'-CTA TTT GCT TCT CTT GTA AAC TT-3' (配列番号 47)

| | |
|--------------------------|-----------|
| 10x ExTaq バッファー (宝酒造) | 5 μ l |
| 2.5 mM dNTPmix | 4 μ l |
| 5 u/ μ l ExTaq (宝酒造) | 1 μ l |
| 10 pmol Primer 1 | |
| 10 pmol Primer 2 | |

計 50 μ l にする

上記反応溶液を用い、94℃ 45 秒、55℃ 1 分、72℃ 2 分を 30 サイクル行った。なお、後述の PCR は、特別な記載がない限り上記と同様の条件で行った。

PCR 断片をアガロースゲル電気泳動で精製後、pT7Blue-T (Novagen, Madison, WI)へ T/A ライゲーションによりクローニングした。*ERG20* は pT7Blue-T 内の *lacZ* と同じ向きに挿入されていた (図 8)。クローニングした断片の塩基配列決定を行い SGD (Saccharomyces Genome Database, <http://genome-www.stanford.edu/Saccharomyces/>) の配列と比較したところ、1-300 塩基と 610-1059 塩基の部分での PCR エラーは無かった。

作成したプラスミド DNA を pT7ERG20 とした。

(1-2) *Escherichia coli* 由来の FPP 合成酵素遺伝子 *ispA* :

大腸菌ゲノム DNA を鋳型にし、以下の合成オリゴ DNA をプライマーに用いて PCR により *E. coli* 由来の FPP 合成酵素遺伝子 *ispA* (配列番号 3) のクローニングを行った。

ISPA1:5'-TGA GGC ATG CAA TTT CCG CAG CAA CTC G-3'(配列番号 48)

ISPA2:5'-TC AGA ATT CAT CAG GGG CCT ATT AAT AC-3'(配列番号 49)

1x ExTaq バッファー、0.5 mM dNTP、100 pmol ISPA1、100 pmol ISPA2、0.2 μ g *E. coli* ゲノム DNA、5 u ExTaq を含んだ 100 μ l の反応溶液で、94°C 1 分、55°C 1 分、72°C 1.5 分を 30 サイクル繰り返すことで PCR を行った。PCR 産物は *EcoRI* と *SphI* で切断後、アガロースゲル電気泳動で 1.0 kbp の DNA 断片を精製し、pALTER-Ex2 (Promega) の *EcoRI-SphI* 部位に挿入し、*E. coli* JM109 へ導入し遺伝子クローニングを行った。*EcoRI*、*SphI*、*NdeI*、*SmaI*、*BamHI* を用いた制限酵素マッピングにより正しく *ispA* 遺伝子が導入されたプラスミド pALispA4、pALispA8、pALispA15、pALispA16 及び pALispA18 が得られた。

(1-3) *Bacillus stearothermophilus* 由来の FPP 合成酵素遺伝子

特開平 5-219961 記載の pFE15 を *NotI* と *SmaI* で切断後、2.9kbp の転写単位を含んだ FPP 合成酵素遺伝子断片を精製した。これを、pACYC177(日本ジーン)の *ScaI* 部位に挿入し、*B. stearothermophilus* 由来の FPP 合成酵素遺伝子 *fps* (配列番号 25) を含む発現ベクターを作製した。

(2) ゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素遺伝子のクローニング

S. cerevisiae の GGPP 合成酵素遺伝子 *BTS1* (配列番号 5) のクローニングは、以下のように行った。

GenBank(<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/Genbank/index.html>)にある *S. cerevisiae* 由来 GGPP 合成酵素遺伝子(A.N.U31632)(Y. Jiang, *et al.*, J. Biol. Chem. 270 (37), 21793-21799 (1995))の情報をもとに、該遺伝子によりコードされるタンパク質の N 末端、C 末端にマッチするプライマーを作製し、これを用いて酵母の cDNA ライブラリー (Clontech No.CL7220-1) を鋳型とした PCR を行った。

N 末端側プライマー: 5'-ATG GAG GCC AAG ATA GAT GAG CT-3' (配列番号 50)

C 末端側プライマー: 5'-TCA CAA TTC GGA TAA GTG GTC TA-3' (配列番号 51)

PCR は、Perfect Match ポリメラーゼエンハンサー(Stratagene)を使用し、94℃ 45 秒の変性、55℃ 1 分のアニーリング及び 72℃ 2 分の伸長を 1 サイクルとしてこれを 30 サイクル行った。

目的の断片 (約 1.0kbp) が確認されたので、*BTS1* 断片を TA クローニング可能な pT7Blue T ベクターにクローニングし、*BTS1* の全領域の塩基配列を決定した。その結果、GenBank の配列と完全に一致し(配列番号 5)、*S. cerevisiae* 由来の遺伝子であることを確認した。

(3) アセチル補酵素 A アセチルトランスフェラーゼ遺伝子のクローニング

ExTaq DNA ポリメラーゼ を用いて PCR 法で *S. cerevisiae* アセチル補酵素 A アセチルトランスフェラーゼ遺伝子 *ERG10* (配列番号 26) の約 1.2 kbp ゲノム DNA 断片を鋳型にして増幅し、pRS435GAP、pRS445GAP の *SacII*-*XbaI* 部位へクローニングした。PCR プライマーは以下の通りである。

Primer 1 (*SacII*-*ERG10*): 5'-TCC CCG CGG ATG TCT CAG AAC GTT TAC ATT GT-3' (配列番号 52)

Primer 2 (*XbaI*-*ERG10*): 5'-TGC TCT AGA TCA TAT CTT TTC AAT GA C AAT GGA-3' (配列番号 53)

(下線部分は制限酵素認識部位)

PCR は、Perfect Match ポリメラーゼエンハンサー共存下で 95℃ 45 秒、60℃ 1 分、72℃ 2 分を 30 サイクル行った。作成したプラスミドは *Sma*I、*Sac*I、*Nco*I、*Bam*HI 認識部位マッピングにより計画通りに作製できたかをチェックし、それぞれ pRS435GAP-ERG10、pRS445GAP-ERG10 とした。

(4) HMG-CoA 合成酵素遺伝子のクローニング

PCR 法で *S. cerevisiae* HMG-CoA 合成酵素遺伝子 *HMGS* 約 1.5 kbp 断片 (配列番号 27) を、cDNA を鋳型にして増幅した。ただし、アニーリング温度は 50℃ で行った。PCR プライマーは以下の通りである。

Primer 1 (*HMGS*-1-2): 5'-ATG AAA CTC TCA ACT AAA CTT TGT T-3' (配列番号 54)

Primer 2 (*scHMGS*-15): 5'-GTT CAG CAA GAT GCA ATC GAT GGG G-3' (配列番号 55)

PCR 断片をアガロースゲル電気泳動で精製後、pT7Blue-T へ T/A ライゲーションによりクローニングした。*HMGS* は pT7Blue の *lacZ* と反対向きに挿入されていた (図 8)。クローニングした断片の塩基配列決定を行い SGD の配列と比較したところ、開始コドン ATG の A を第 1 塩基としたときの第 39 番目の A が G に PCR エラーを起こしていた (A39G; 他の PCR エラーについても以下同様に表示する。)

その他、T144C、T223C、T1038C、C1122T、A1370G の 5 箇所エラーが見つかった。これら PCR エラーのうち T223C と A1370G はコードしているアミノ酸のエラーも起こし、T223C は第 75 残基目の Ser が Pro にエラー (S75P、以下同様に記載) を起こし、A1370G は K457R のアミノ酸配列エラーを起こしていた。

作成したプラスミドを pT7HMGS とした。

(5) HMG-CoA 還元酵素遺伝子のクローニング

S. cerevisiae HMG-CoA 還元酵素遺伝子 *HMG1* のクローニングは、以下のように行った。

GenBank にある *S. cerevisiae* 由来 HMG-CoA 還元酵素遺伝子 *HMG1* (A.N. M22002)(M. E. Basson, *et al.*, Mol. Cell. Biol. 8, 3797-3808 (1988):配列番号 7)の情報をもとに N 末端、C 末端にマッチするプライマーを作製し、これを用いて酵母の cDNA ライブラリー (Clontech) を鋳型とした PCR を行った。

N 末端側プライマー : 5'-ATG CCG CCG CTA TTC AAG GGA CT-3' (配列番号 56)

C 末端側プライマー : 5'-TTA GGA TTT AAT GCA GGT GAC GG-3' (配列番号 57)

PCR は、Perfect Match ポリメラーゼエンハンサーを使用し、94℃ 45 秒の変性、55℃ 1 分のアニーリング及び 72℃ 2 分の伸長を 1 サイクルとしてこれを 30 サイクル行った。

目的の断片(3.2kbp)が確認されたので、*HMG1* を TA クローニング可能な pT7 Blue T ベクターにクローニングし(これを pT7-*HMG1* とした)、*HMG1* の塩基配列を決定した。その結果、配列番号 9 の塩基配列及び配列番号 10 のアミノ酸配列を確認した。決定された塩基配列は、GenBank の配列に示した塩基配列と一部異なっており、PCR エラーを起こしていた (図 2 A)。この PCR エラーを含んだ変異型 HMG-CoA 還元酵素遺伝子を *HMG1'* とする。

(6) HMG-CoA 還元酵素遺伝子の PCR エラーの修正

PCR エラーは、pT7*HMG1* から *HMG1* 遺伝子断片をサブクローニングし、*HMG1* 部分の PCR エラーによるアミノ酸置換変異部分を修正した。

HMG-CoA 還元酵素遺伝子 *HMG1* の PCR エラー型 DNA である *HMG1'* を有する pT7*HMG1* から *HMG1'* 遺伝子断片をサブクローニングし、*HMG1* 部分の PCR エラーによるアミノ酸置換変異部分を、部位特異的変異誘発法により修正し、pAL*HMG106* を作製した。作製方法の詳細は以下の通りである。

プラスミド pT7*HMG1* をクローン化 *HMG1* として用いた。また、部位特異的変異導入用ベクターとして pALTER-1 を購入した(Promega)。

部位特異的変異(site-directed mutagenesis)は、Promega 発行の"Protocols and application guide, third edition, 1996 Promega, ISBN 1-882274-57-1" に記載の方法で行った。変異導入用オリゴは、次の 3 種類を化学合成した。

HMG1(190-216) 5'-CCAAATAAAGACTCCAACACTCTATTT-3' (配列番号 58)

HMG1(1807-1833) 5'-GAATTAGAAGCATTATTAAGTAGTGGA-3' (配列番号 59)

HMG1(2713-2739) 5'-GGATTTAACGCACATGCAGCTAATTTA-3' (配列番号 60)

部位特異的変異導入は、pT7HMG1を *Sma*I、*Apa*LI、*Sa*II で切断し、3.2kbp の *HMG1* 断片をアガロースゲル電気泳動で調製した。これを pALTER-1 の *Sma*I-*Sa*II 部位に挿入し、pALHMG1 を作製した。pALHMG1 をアルカリ変性後、上記変異導入オリゴ、リベアオリゴとして Amp repair oligo(Promega)、ノックアウトオリゴとして Tet knockout oligo(Promega)をアニーリングさせ、*E. coli* ES1301(Promega)に導入後、125 μ g/ml アンピシリンで部位特異的変異が導入されたプラスミドを保持する形質転換体を集積培養し、プラスミド DNA を調製した。以下の配列を有するプライマーを用いて塩基配列をチェックしたところ、HMG1(190-216)、HMG1(1807-1833)、HMG1(2713-2739)に相当する配列は全てこれらオリゴヌクレオチドの配列に修正されていた (配列番号 11)。なお、修正された配列によりコードされるアミノ酸配列 (配列番号 12) は、*HMG1*によりコードされるアミノ酸配列 (配列番号 10) と一致していた (サイレント変異)。

HMG1(558-532) 5'-GTCTGCTTGGGTTACATTTTCTGAAAA-3' (配列番号 61)

HMG1(1573-1599) 5'-CATACCAGTTATACTGCAGACCAATTG-3' (配列番号 62)

HMG1(2458-2484) 5'-GAATACTCATTAAGCAAATGGTAGAA-3' (配列番号 63)

この *HMG1* 内の配列が修正されたプラスミドを pALHMG106 とした (図 9)。

(7) メバロン酸キナーゼ遺伝子のクローニング

PCR 法で *S. cerevisiae* メバロン酸キナーゼ遺伝子 *ERG12* 約 1.3 kbp 断片 (配列番号 28) を cDNA を鋳型にして増幅した。PCR プライマーは以下の通りである。

Primer 1 (ATM-1):5'-AAC TGC AGA TGT CAT TAC CGT TCT TAA CT
T C-3' (配列番号 64)

Primer 2 (ATM-2):5'-CCG AGC TCT TAT GAA GTC CAT GGT AAA TT
C G-3' (配列番号 65)

(下線部分は制限酵素認識部位)

PCR 断片を *Pst*I と *Sac*I で切断後、アガロースゲル電気泳動で精製し、pT7Blue の *Pst*I-*Sac*I 部位にクローニングした。これで、*ERG12* は pT7Blue の *lacZ* と反対向きに挿入されることになる(図8)。クローニングした断片の塩基配列決定を行い SGD の配列と比較したところ、PCR エラーは無かった。

作成したプラスミド DNA を pT7ERG12 とした。

(8) メバロン酸リン酸キナーゼ遺伝子のクローニング

PCR 法で *S. cerevisiae* *ERG8* 遺伝子約 1.3 kbp 断片 (配列番号 29) を cDNA を鋳型にして増幅した。PCR プライマーは以下の通りである。

Primer 1 (YSCE-1):5'-AAC TGC AGA TGT CAT TAC CGT TCT TAA C
TT C-3' (配列番号 66)

Primer 2 (YSCE -2):5'-CCG AGC TCT TAT GAA GTC CAT GGT AAA T
TC G-3' (配列番号 67)

PCR 断片をアガロースゲル電気泳動で精製後、pT7Blue-T へ T/A ライゲーションによりクローニングした。*ERG8* は pT7Blue の *lacZ* と反対向きに挿入されていた (図8)。クローニングした断片の塩基配列決定を行い SGD の配列と比較したところ、A70C、A72G、G146A、C171G、G224C、A306G、T387C、G574T、C637G、G638C、G729A、G739A、T759A、A879G、A1222G の PCR エラーを起こしていた。これら PCR エラーのうち A70C と A72G はアミノ酸のエラーの T24P を起こし、G146A は G49E、G224C は S75T、G574T は A192S、C637G と G638C は R213A、G739A は D247N、A1222G は T408A の各アミノ酸のエラーを起こしていた。

作成したプラスミド DNA を pT7ERG8 とした。

(9) メバロン酸ニリン酸脱炭酸酵素遺伝子のクローニング

PCR 法で *S. cerevisiae* メバロン酸ニリン酸脱炭酸酵素遺伝子 *ERG19(MVD1)* 約 1.2 kbp 断片(配列番号 30)を cDNA を鋳型に増幅した。PCR プライマーは以下の通りである。

Primer 1 (SCU-1):5'-AAC TGC AGA TGA CCG TTT ACA CAG CAT CC G T-3' (配列番号 68)

Primer 2 (SCU-2):5'-CGG AAT TCT TAT TCC TTT GGT AGA CCA GT C T-3' (配列番号 69)

(下線部分は制限酵素認識部位)

PCR 断片を *Pst*I と *Eco*RI で切断後アガロースゲル電気泳動で精製し、pT7Blue の *Pst*I-*Eco*RI 部位にクローニングした。これで、*ERG19(MVD1)*は pT7Blue の *lacZ*と反対向きに挿入されることになる(図8)。クローニングした断片の塩基配列決定を行い SGD の配列と比較したところ、PCR エラーは無かった。

作成したプラスミド DNA を pT7ERG19 とした。

(10) イソペンテニルニリン酸 Δ -イソメラーゼ遺伝子のクローニング(10-1) *S. cerevisiae* 由来の IPP Δ -イソメラーゼ遺伝子 *IDI1*

PCR 法で *S. cerevisiae* *IDI1* 遺伝子約 0.9 kbp 断片(配列番号 31)を cDNA を鋳型に増幅した。PCR プライマーは、Primer 1 (SCIPP-1)及び Primer 2 (SCIPP-2)を用いた。

Primer 1 (SCIPP-1): 5'-ATG ACT GCC GAC AAC AAT AGT AT-3' (配列番号 70)

Primer 2 (SCIPP-2): 5'-TTA TAG CAT TCT ATG AAT TTG CC-3' (配列番号 71)

PCR 断片をアガロースゲル電気泳動で精製後 pT7Blue-T へ T/A ライゲーションによりクローニングした。*IDI1*は pT7Blue-T 内の *lacZ*と反対向きに挿入されていた(図8)。クローニングした断片の塩基配列決定を行い SGD の配列と比較したところ、PCR エラーは無かった。

作成したプラスミド DNA を pT7IDI1 とした。

(10-2) *E. coli* 由来の IPP Δ -イソメラーゼ遺伝子 *idi*

E. coli の ORF182 (IPP Δ -イソメラーゼ相同なポリペプチドをコードすると予想されるオープンリーディングフレーム; 遺伝子名 *idi*) を含むゲノム DNA がクローニングされているプラスミド p3-47-13 (Hemmi *et al.* (1998) J. Biochem. 123, 1088-1096) を鋳型にして、PCR 法で約 0.55 kbp の ORF182 断片を増幅した。PCR は、Perfect Match ポリメラーゼエンハンサー共存下で 95°C 45 秒、60°C 1 分、72°C 2 分を 30 サイクル行った。PCR プライマーは以下の通りである。

Primer 1 (SacII-ORF182(1-23)): 5'-TCC CCG CGG ATG CAA ACG GAA CAC GTC ATT TT-3' (配列番号 72)

Primer 2 (XbaI-ORF182(549-525)): 5'-TGC TCT AGA TTA TTT AAG CTG GGT AAA TGC AGA-3' (配列番号 73)

(下線部分は制限酵素認識部位)

PCR 産物を *SpeI*、*DraIII*、*AluI* で切断後、アガロースゲル電気泳動により切断したところ図 10 に示したような EcoGene (<http://bmb.med.miami.edu/EcoGene/EcoWeb/>) の ORF182 断片 (*idi*) の塩基配列データ (配列番号 32) に即した物理地図が得られた。そこで、増幅した 0.55 kbp の PCR 断片を *SacII* と *XbaI* で切断後、アガロースゲル電気泳動で精製し、pRS435GAP、pRS445GAP の *SacII*-*XbaI* 部位へクローニングした。作成したプラスミドはそれぞれ pRS435GAP-ORF182、pRS445GAP-ORF182 とした。

大腸菌 IPP Δ -イソメラーゼ遺伝子 (配列番号 32) は、以前の命名では ORF182 (NCBI BLAST サーチによる; GenBank アクセッション番号 AE000372) としていたが、Hahn *et al.* (1999) J. Bacteriol., 181, 4499-4504 により *idi* と名付けられている。*idi* をクローニングしたプラスミドとしては、Hemmi *et al.* (1998) J. Biochem., 123, 1088-1096 記載の p3-47-11 と p3-47-13 を用いた。

〔実施例 3〕 変異型遺伝子のクローニング

(1) *Escherichia coli* FPP 合成酵素遺伝子の GGPP 合成酵素遺伝子への 変換 (変異型 FPP 合成酵素遺伝子のクローニング)

実施例 2(1-2) で得られた pALispA4、pALispA8、pALispA15、pALispA16、pALispA18 を用いて、Promega 発行の "Protocols and applications guide, t

third edition, 1996 Promega, ISBN 1-882274-57-1"に 記載の プロトコル に従って、*E. coli ispA* にコードされるポリペプチドの 79 番目のアミノ酸残基 Tyr をコードしているコドン を置換変異により改変した。以下の変異導入用オリゴヌクレオチド (変異オリゴともいう) は、化学合成法により調製した。

ISPA-D: 5'-ATC ATG AAT TAA TGA GTC AGC GTG GAT GCA TTC A
AC GGC GGC AGC-3' (配列番号 74)

ISPA-E: 5'-ATC ATG AAT TAA TGA TTC AGC GTG GAT GCA TTC AA
C GGC GGC AGC-3' (配列番号 75)

ISPA-M: 5'-ATC ATG AAT TAA TGA CAT AGC GTG GAT GCA TTC AAC
GGC GGC AGC-3' (配列番号 76)

上記変異オリゴ ISPA-M は、第 16 番目～第 18 番目の塩基 (3 塩基を下線で示した部分) が野生型 FPP 合成酵素のアミノ酸配列の 79 番目の Tyr をコードしているコドンであるため、Met をコードするように設計したものである。同様にし、変異オリゴ ISPA-D、変異オリゴ ISPA-E は、それぞれ Asp、Glu をコードするように設計したものである。上記変異オリゴにおいて、第 26 番目～第 31 番目の塩基 (6 塩基を下線で示した部分) は、置換変異導入より新たに *EcoT22I* (*NsiI*) 部位ができるように設計し、変異遺伝子が制限酵素マッピングにより容易に区別できるように計画した配列である。変異オリゴは、あらかじめ、T4 ポリヌクレオチドキナーゼ (Promega) により 5'末端をリン酸化し、Nick Column (Pharmacia Biotech, Uppsala, Sweden) を用いてゲル濾過精製してある。変異導入の際にはリペアオリゴとして Cm repair oligo (Promega) を、ノックアウトオリゴとして Tet knockout oligo (Promega) を用いた。アルカリ変性させた pALispA16 に Cm repair oligo、Tet knockout oligo、変異オリゴをアニールさせ *E. coli* ES1301 *mutS* (Promega) へ形質転換した。20 μ g/ml の Cm (クロラムフェニコール) 共存下で生育してきた大腸菌からプラスミド DNA を調製し、*E. coli* JM109 へ形質転換し、20 μ g/ml Cm 寒天プレート上で生育してきたコロニーからプラスミド DNA を調製した。pALispA4 を鋳型にし、ISPA-D、ISPA-E、ISPA-M を変異オリゴに用いて作製した置換変異型 *ispA* (これを *ispAm* という) を含むプラスミドを、それぞれ p4D、p4E、p4M とした。同様に、pALispA8 を鋳型にして作製したプラスミドをそれぞれ p8D、p8E、p8M とし、pALispA15 を

鋳型にして作製したプラスミドをそれぞれ p15D、p15E、p15M とし、pALispA 16 を鋳型にして作製したプラスミドをそれぞれ p16D、p16E、p16M とし、pALispA18 を鋳型にして作製したプラスミドをそれぞれ p18D、p18E、p18M とした。

Y79D 変異型アミノ酸配列（配列番号 34）をコードする遺伝子を配列番号 33 に、Y79E 変異型アミノ酸配列（配列番号 36）をコードする遺伝子を配列番号 35 に、Y79M 変異型アミノ酸配列（配列番号 38）をコードする遺伝子を配列番号 37 に示す。このようにして得られたプラスミドは、適宜選択して使用した。

(2) *Bacillus stearothermophilus* FPP 合成酵素遺伝子の変異型のクローニング

B. stearothermophilus 由来の FPP 合成酵素遺伝子(*fps* : 配列番号 39)の置換変異体を含む発現ベクターは、Ohnuma *et al.* (1996) J. Biol. Chem., 271, 30 748-30754 記載の pFPS(Y81M)から作製した。

pFPS は、pTV118N(宝酒造)の *lac* プロモーター下流に *fps* が組み込まれており、*B. stearothermophilus* 由来 FPP 合成酵素遺伝子を IPTG により *E.coli* 内で発現する発現プラスミドである。まず、この FPP 合成酵素遺伝子に部位特異的変異導入により Y81M 変異、すなわち、FPP 合成酵素遺伝子によりコードされるアミノ酸配列のうち第 81 番目の Tyr が Met となるように置換する変異を施した(pFPS(Y81M)とする)。pFPS(Y81M)は、Y81M 置換変異導入によりコードしている酵素の反応産物特異性が変化し、比活性の低下なしに FPP 合成酵素遺伝子が G GPP 合成酵素遺伝子に改変されたものである。次に、pFPS(Y81M)を *Psh*BI で切断し、Klenow 酵素で平滑末端にした後、転写単位を含む 2.7kbp 断片を精製し、pACYC177 の Amp^r 遺伝子内の *Hinc*II 部位に挿入した。Amp^r 遺伝子と同じ向きに *fps* 変異型遺伝子断片が挿入されたプラスミドを pFPS21m とし、その逆向きに挿入されたプラスミドを pFPS31m とした（図 11）。

(3) 欠失型 HMG-CoA 還元酵素遺伝子のクローニング

恒常発現型プロモーター *ADH1p* を含むベクター pRS414PTadh、pRS414TPadh を制限酵素で処理して *HMG1* を挿入し、プラスミド pRS414PTadh-HMG1 及び pRS414TPadh-HMG1 を作製した。

実施例 2(5) で作製した pT7-HMG1 を *Bam*HI、*Sa*II、*Sca*I 処理して PCR エラー配列を有する *HMG1* 遺伝子を取り出し、これを pYES2(Invitrogen, Carlsbad, CA) の *Bam*HI-*Xho*I 部位に導入した。得られた組換えベクターを pYES-HMG1 とした。ベクター内の塩基配列を確認したところ、配列番号 3 の塩基配列であることを確認した。なお、pYES2 は、複製起点として酵母 2 μ mDNA の ori、及びガラクトースで誘導可能な *GAL1* プロモーターをもつ酵母発現用シャトルベクターである (図 4)。

HMG-CoA 還元酵素の膜貫通ドメインに対応する領域を欠損させた欠失型 HMG-CoA 還元酵素遺伝子発現ベクターを作製するため、前記の通り作製した pYES-HMG1 を鋳型として、PCR 法でベクター部分とともに *HMG1* コード領域の一部を欠失させた断片を調製した。得られた断片を Klenow 酵素で平滑末端にした後、セルフライゲーションにより再び環化し、*E. coli* JM109 へ形質転換させ、プラスミド DNA を調製した。プライマーとして使用した合成 DNA 配列とその組合せを前記表 1 に示した。

得られたプラスミド DNA 内の *HMG1* 上流、下流のアミノ酸の読み枠がずれていないことと、その結合部位近辺に PCR エラーによるアミノ酸置換が起きていないことを 373A DNA sequencer (Perkin Elmer, Foster City, CA) で確認した。その結果、結合部位近辺に PCR エラーによるアミノ酸置換がなく、読み枠がずれずに遺伝子を欠失する事のできた以下のプラスミドを得た。欠失型 *HMG1* 遺伝子は、欠失のパターンに従って $\Delta 02y$ (y は任意の作業番号を表す。) のように記載し、 $\Delta 02y$ を含む pYES2 ベクターを例えば pYHMG026 と記すこととする (他の欠失体も同様)。

HMG1 $\Delta 026$: 配列番号 13

HMG1 $\Delta 044$: 配列番号 14

HMG1 $\Delta 056$: 配列番号 15

HMG1 $\Delta 062$: 配列番号 16

HMG1 $\Delta 076$: 配列番号 17

HMG1 $\Delta 081$: 配列番号 18

HMG1 $\Delta 100$: 配列番号 19

HMG1 $\Delta 112$: 配列番号 20

*HMG1*Δ122 : 配列番号 21

*HMG1*Δ133 : 配列番号 22

プラスミド : pYHMG026, pYHMG027, pYHMG044, pYHMG045, pYHMG059, pYHMG062, pYHMG063, pYHMG065, pYHMG076, pYHMG081, pYHMG083, pYHMG085, pYHMG094, pYHMG100, pYHMG106, pYHMG107, pYHMG108, pYHMG109, pYHMG112, pYHMG122, pYHMG123, pYHMG125, pYHMG133, pYHMG134

〔実施例 4〕 遺伝子のベクターへのサブクローニング

今回使用した恒常発現型転写プロモーターをもつ *E. coli*-*S. cerevisiae* YEp 型シャトルベクターである pRS ベクターは、実施例 1 において作製したものを使用した。

(1) FPP 合成酵素遺伝子のサブクローニング

(1-1) *S. cerevisiae* 由来の FPP 合成酵素遺伝子 *ERG20* :

実施例 2(1-1)に記載の pT7ERG20 を *Xba*I と *Bam*HI で切断し、アガロースゲル電気泳動により 1.1 kbp の *ERG20* 遺伝子断片を精製した。これを、pRS435GAP と pRS445GAP の *Xba*I-*Bam*HI 部位に挿入し、それぞれ pRS435GAP-ERG20、pRS445GAP-ERG20 とした。

(1-2) *E. coli* 由来の FPP 合成酵素遺伝子 *ispA* :

実施例 2(1-2)に記載の pALispA4 を *Sph*I と *Eco*RI で切断し、アガロースゲル電気泳動により 1.0 kbp の *ispA* 遺伝子断片を精製した。この断片に *Sph*I-*Sac*II リンカーDNA (5'-pTTT CCG CGG AAA CAT G-3' (配列番号 86)) と *Eco*RI-*Eco*52I リンカーDNA (5'-pAAT TGA CGG CCG TC -3' (配列番号 87)) をライゲーションしたのち *Sac*II と *Eco*52I で切断した。この *Sac*II-*Eco*52I 1.0kbp 断片を、pRS435GAP と pRS445GAP の *Sac*II-*Eco*52I 部位に挿入しサブクローン化した。サブクローン化したプラスミドは、*Sac*I、*Sac*II、*Nde*I、*Nsi*I (*Eco*T22 I)、*Aor*51HI、*Xba*I、*Sma*I、*Bam*HI、*Pst*I、*Nde*I、*Pvu*II、*Eco*T14I の各制限酵素の認識部位をマッピングし、計画通りに作製できたものを選抜した。選抜したプラスミドは、それぞれ pRS435GAP-*ispA*、pRS445GAP-*ispA* とした。

(1-3) *B. stearrowthermophilus* 由来の FPP 合成酵素遺伝子

B. stearrowthermophilus 由来の FPP 合成酵素遺伝子は、ゲノム PCR 断片から直接ベクターへクローニングした。

(2) GGPP 合成酵素遺伝子又はその変異型遺伝子のサブクローニング

(2-1) *S. cereviae* 由来の GGPP 合成酵素遺伝子 *BTS1* :

実施例 2(2)に記載の pT7Blue T ベクターを *Bam*HI、*Sa*II 処理して *BTS1* 断片を取り出し、これを、pYES2(Invitrogen 社)の *Bam*HI、*Xho*I サイトに導入した。得られた組換えベクターを pYESGGPS とした。

pYESGGPS を *Bam*HI と *Mlu*I で切断し、アガロースゲル電気泳動により 1.3 kbp 断片を精製した。これを、pRS435GAP と pRS445GAP の *Bam*HI-*Mlu*I 部位に挿入し、それぞれ pRS435GAP-*BTS1*、pRS445GAP-*BTS1* とした。

(2-2) *E. coli* 由来の GGPP 合成酵素遺伝子(置換変異型 FPP 合成酵素遺伝子)*ispAm* :

実施例 3(1)に記載の p16M を *Sph*I と *Eco*RI で切断し、アガロースゲル電気泳動により 1.0 kbp の *ispAm* 遺伝子断片を精製した。この断片に本実施例(1-2)に記載の *Sph*I-*Sac*II リンカーDNA と *Eco*RI-*Eco*52I リンカーDNA をライゲーションしたのち *Sac*II と *Eco*52I で切断した。この *Sac*II-*Eco*52I 1.0kbp 断片を、pRS435GAP と pRS445GAP の *Sac*II-*Eco*52I 部位に挿入しサブクローン化した。サブクローン化したプラスミドは、*Sac*I、*Sac*II、*Nde*I、*Nsi*II (*Eco*T22I)、*Aor*51HI、*Xba*I、*Sma*I、*Bam*HI、*Pst*I、*Pvu*II、*Eco*T14I の各制限酵素の認識部位をマッピングし計画通りに作製できたものを選抜した。このうち *Nsi*II (*Eco*T22I) 認識部位は、*ispA* を置換変異した際に新たに導入した部位であり、これで切断できれば *ispA* 変異型遺伝子 *ispAm* であることが確認できる。選抜したプラスミドは、それぞれ pRS435GAP-*ispAm*、pRS445GAP-*ispAm* とした。

(3) アセチル補酵素 A アセチル転移酵素遺伝子のサブクローニング

アセチル補酵素 A アセチル転移酵素遺伝子 *ERG10* は、ゲノム PCR 断片から直接 pRS ベクターへクローニングした。

(4) HMG-CoA 合成酵素遺伝子のサブクローニング

実施例 2(4)に記載の pT7HMGS から *Bam*HI-*Sa*II 1.5 kbp の *HMGS* 遺伝子断片を調製し、これを pRS435GAP、pRS445GAP の *Bam*HI-*Sa*II 部位に挿入した。*HMGS* をサブクローン化したプラスミドは、*Kpn*I 認識部位マッピングにより計画通りに作製できたものを選抜した。選抜したプラスミドは、それぞれ、pRS435GAP-HMGS、pRS445GAP-HMGS とした。

(5) HMG-CoA 還元酵素遺伝子又はその変異型遺伝子のサブクローニング

実施例 2(5)に記載の pT7Blue T ベクターを *Bam*HI、*Sa*II、*Sca*I 処理して PCR エラーによる変異型 HMG-CoA 還元酵素をコードする遺伝子 *HMG1* を取り出し、これを pYES2(Invitrogen 社)の *Bam*HI-*Xho*I サイトに導入した。得られた組換えベクターを pYES-HMG1 とした。

恒常発現型プロモーター *ADH1p* を含むベクター pRS414PTadh、pRS414TPadh を制限酵素 *Sma*I と *Sa*II で処理し、これに *HMG1* 遺伝子を挿入してプラスミド pRS414PTadh-HMG1 及び pRS414TPadh-HMG1 を作製した。

また、実施例 2(6)に記載の pALHMG106 (図 9) を *Sma*I と *Sa*II で切断後、アガロースゲル電気泳動で 3.2 kbp の PCR エラー修正後の *HMG1* 遺伝子断片を精製した。これを pRS434GAP、pRS444GAP、pRS434TEF、pRS444TEF、pRS434PGK 及び pRS444PGK の *Sma*I-*Sa*II 部位へ挿入した。*HMG1* をサブクローン化したプラスミドは、*Xho*I、*Spe*I、*Nae*I 及び *Sph*I の各制限酵素マッピングと、挿入された 3.2 kbp *HMG1* 遺伝子断片のボーダー領域の塩基配列確認とにより物理地図をチェックし、計画通りに作製できたプラスミドを選抜した。選抜したプラスミドはそれぞれ、pRS434GAP-HMG1、pRS444GAP-HMG1、pRS434TE-HMG1、pRS444TEF-HMG1、pRS434PGK-HMG1、pRS444PGK-HMG1 とした。

HMG-CoA 還元酵素遺伝子の欠失変異型遺伝子は、実施例 3 記載の対応する pYES2 由来の欠失変異型 *HMG1* を組込んであるプラスミドから上記と同様にし、pRS434GAP へクローニングした。

(6) メバロン酸キナーゼ遺伝子のサブクローニング

実施例 2(7)に記載の pT7ERG12 から *SmaI-SaII* 1.3 kbp の *ERG12* 遺伝子断片を調製し、pRS435GAP、pRS445GAP の *SmaI-SaII* 部位に挿入した。*ERG12* をサブクローン化したプラスミドは、*KpnI* 認識部位マッピングにより計画通りに作製できたものを選抜した。選抜したプラスミドは、それぞれ、pRS435GAP-*ERG12*、pRS445GAP-*ERG12* とした。

(7) メバロン酸リン酸キナーゼ遺伝子のサブクローニング

実施例 2(8)に記載の pT7ERG8 から *BamHI-SaII* 1.3 kbp の *ERG8* 遺伝子断片を調製し、pRS435GAP、pRS445GAP の *SmaHI-SaII* 部位に挿入した。*ERG8* をサブクローン化したプラスミドは、*XbaI* 認識部位マッピングにより計画通りに作製できたものを選抜した。選抜したプラスミドは、それぞれ、pRS435GAP-*ERG8*、pRS445GAP-*ERG8* とした。

(8) メバロン酸ニリン酸脱炭酸酵素遺伝子のサブクローニング

実施例 2(9)に記載の pT7ERG19 を *BamHI*、*SaII* で切断後、アガロースゲル電気泳動により *BamHI-SaII* 1.5 kbp の *ERG19* 遺伝子断片を精製し、pRS435GAP と pRS445GAP の *BamHI-SaII* 部位に挿入した。*ERG19* をサブクローン化したプラスミドは *XbaI* 認識部位マッピングにより計画通りに作製できたプラスミドを選抜した。選抜したプラスミドは、それぞれ pRS435GAP-*ERG19*、pRS445GAP-*ERG19* とした。

(9) イソペンテニルニリン酸 Δ -イソメラーゼ遺伝子のサブクローニング(9-1) *S. cerevisiae* 由来の IPP Δ -イソメラーゼ遺伝子 *IDI1* :

実施例 2(10-1)に記載の pT7IDI1 から *BamHI-SaII* 0.9 kbp 断片を調製し、pRS435GAP、pRS445GAP の *BamHI-SaII* 部位に挿入した。サブクローン化したプラスミドは、*NcoI* と *BamHI* 認識部位マッピングにより計画通りに作製できたものを選抜した。選抜したプラスミドはそれぞれ、pRS435GAP-*IDI1*、pRS445GAP-*IDI1* とした。

(9-2) *E. coli* 由来の IPP Δ -イソメラーゼ遺伝子 ORF182(*idi*) :

実施例 2(10-2)に記載のようにして、ORF182(*idi*)はゲノム PCR 断片から直接 pRS ベクターへクローニングした。

〔実施例 5〕 AURGG101、AURGG102 及び AURGG703 の作製

実施例 4(2-1)に記載の pYESGGPS を鋳型にして、プライマー PYES2(1-27)と PYES2(861-835)を用いて PCR 法により、*GAL1* プロモーター=*BTS1*=*CYC1* ターミネーターの一次構造(*GAL1p-BTS1-CYC1t*)を持つ 1.9kbp の *Sa*II 断片を調製した。

PYES2(1-27):5'-GGC CGC AAA TTA AAG CCT TCG AGC GTC-3'(配列番号 88)

PYES2(861-835): 5'-ACG GAT TAG AAG CCG CCG AGC GGG TGA-3'(配列番号 89)

この断片を pAUR101(Takara)の *Sa*II 部位へ挿入し、pAURGG115 を得た。pAURGG115 内の *BTS1* 遺伝子に PCR エラーがないことは DNA シークエンシングにより確認した。

pAURGG115 を *Eco*O65I で線状化し、酢酸リチウム法で A451 株、YPH499 株へ導入し、1 μ g/ml オーレオバシジンを含む YPD 寒天プレート (1%酵母エキス, 2% ペプトン, 2% デキストロース, 2% 寒天) 上で 30°C で生育してくるコロニーを形質転換体とした。

得られた形質転換体は、もう一度オーレオバシジン選択プレート上でシングルコロニー選抜した。

その結果、A451 を宿主とした組換え体として AURGG101 及び AURGG102 の 2 クローンが得られた。また、YPH499 株を宿主とした組換え体として AURGG703 が得られた。なお、AURGG101 は、後述のサザンブロットハイブリダイゼーション (図 12) と PCR マッピング (図 13) で明らかになったように、*BTS1* 遺伝子はインテグレートされておらず、*AUR1* がマーカー遺伝子の *AUR1-C* に置き換わったものであることが分かっている。また、AURGG102 では上記 *GAL1* プロモーター=*BTS1*=*CYC1* ターミネーターが *AUR1* 遺伝子座にインテグレートされていることが分かっている。

〔実施例 6〕 各 EUG 株の作製

SGD から、スクアレン合成酵素遺伝子 *ERG9* 付近の遺伝子地図を引き出し、*ERG9* 転写プロモーター (*ERG9p*) 置換用 DNA 断片増幅のための PCR プライマー DNA を設計した。形質転換体選択マーカー遺伝子 *URA3* と転写プロモーター *GAL1p* を含む 1.8 kbp の DNA 断片は、pYES2 を *NaeI* と *NheI* 切断後 Klenow 酵素で平滑末端化し、セルフライゲーションにより 2 μ ori 部分を削除した pYES2 Δ を鋳型にして PCR 増幅することにより調製した。

PCR で使用したプライマーは以下の通りである。

E-MCSf : 5'- GCC GTT GAC AGA GGG TCC GAG CTC GGT ACC AAG
-3' (配列番号 90)

E-URA3r : 5'- CAT ACT GAC CCA TTG TCA ATG GGT AAT AAC TGA
T -3' (配列番号 91)

上記プライマーには、YHR189W の下流部分を含む 0.7 kbp DNA 断片と *ERG9* の上流部分を含む 0.9 kbp DNA 断片とで T/A ライゲーションできるように *Eam1105I* 認識部位 (下線部分) を加えてある。YHR189W 断片は、PCR プライマー YHR189Wf と YHR189Wr を用いて YPH499 ゲノム DNA を鋳型に PCR により調製し、*ERG9* 断片は、PCR プライマー ERG9f と ERG9r を用いて YPH499 ゲノム DNA を鋳型に PCR により調製した。YPH499 ゲノム DNA は、「Gen とるくん」を用いて調製した。

YHR189Wf : 5'-TGT CCG GTA AAT GGA GAC-3' (配列番号 92)

YHR189Wr : 5'-TGT TCT CGC TGC TCG TTT-3' (配列番号 93)

ERG9f : 5'-ATG GGA AAG CTA TTA CAA T-3' (配列番号 94)

ERG9r : 5'-CAA GGT TGC AAT GGC CAT-3' (配列番号 95)

1.8 kbp DNA 断片を *Eam1105I* で消化後、0.7 kbp DNA 断片とライゲーションし、これを鋳型にしてプライマー YHR189Wf と E-MCSf を用いて 2nd PCR を行った。増幅した 2.5 kbp DNA 断片を *Eam1105I* で消化後、0.9 kbp DNA 断片とライゲーションし、これを鋳型にしてプライマー YHR189W-3f と ERG9-2r を用いて 3rd PCR を行った。増幅した 3.4 kbp DNA 断片を形質転換用 DNA 断片とした。

YHR189W-3f : 5'-CAA TGT AGG GCT ATA TAT G-3' (配列番号 96)

ERG9-2r : 5'-AAC TTG GGG AAT GGC ACA-3'(配列番号 97)

Zymo Research (Orange, CA) より購入した Frozen EZ yeast transformation II kit を用いて酵母にベクターの導入を行った。組換え体は、SGR 培地をベースにし、CSM(-URA) (BIO 101 (Vista, CA) より購入) と終濃度 40 mg/l になるようにアデニン硫酸塩を加えた寒天培地 (SGR(-URA)培地) 上で 30℃で培養し、生育してきた菌体をもう一度同じ培地に広げ、培養しシングルコロニーアイソレーションを行った。

取得した組換え体は、EUG (*ERG9p::URA3-GAL1p*) 株と名付け、A451 由来のクローンを EUG1~10、YPH499 由来のクローンを EUG11~20、YPH500 由来のクローンを EUG21~30、W303-1A 由来のクローンを EUG31~50、W303-1B 由来のクローンを EUG51~70 とした。

SD 培地でグルコースレプレッションにより *ERG9* の発現が抑制され生育抑制のかかったクローンを選抜し、A451 から EUG5 及び EUG8 が、YPH499 から EUG12 が、YPH500 から EUG27 が得られた。

なお、EUG5、EUG8、EUG12、EUG27 から「Gene とるくん」を用いてゲノム DNA を調製し、これを鋳型にして PCR を行った結果、*URA3* と *GAL1p* を含む 1.8 kbp の PCR 断片がゲノム中の *ERG9* コード領域上流にインテグレートされていることを確認した。

〔実施例 7〕 遺伝子解析、酵素活性解析

本実施例では、作製した各種組換え酵母（各組換え体の作製については、後述するプレニルアルコール生産についての実施例 8~13 を参照）の遺伝子発現を、プレニルニリン酸合成酵素の酵素活性、ノーザンブロットハイブリダイゼーション、サザンブロットハイブリダイゼーション、PCR マッピング、プレニルアルコール生産量測定の各種手法を用いて解析した。

(1) サザンブロッティング

酵母 DNA 精製キット「Gen とるくん」を用いて酵母 DNA の調製を行った。手順は、キット添付のプロトコルに従った。

酵母より調製した DNA は、*NdeI* および *StuI* で切断後 1 レーンあたり 3 μ g

を 0.8% アガロースゲル電気泳動した。分子量マーカーは、Promega 社 (Madison, WI) の 1 kb ラダーと λ /HindIII をそれぞれ 0.5 μ g 使用した。泳動後、定法に従ってアルカリ変性、中和し、Hybond N ナイロンメンブレン (Amersham, Buckinghamshire, England) に 20 x SSC によるキャピラリーブロットで転写した。転写後、メンブレンは Stratagene 社の UV cross-linker で optimal cross-link の条件で紫外線照射し、DNA をメンブレン上に固定した。

(2) ノーザンブロッティング

Current Protocols in Molecular Biology, John Wiley & Sons, Inc., pp.13.12.2-13.12.3 記載の方法を一部改変して RNA を調製した。上記改変は、調製した RNA サンプルをさらに DNase I で処理した点である。

フォルムアルデヒド変性アガロースゲル電気泳動により RNA を分離後、定法に従って、Hybond N ナイロンメンブレンに 20 x SSC によるキャピラリーブロットで転写した。1 レーンあたり total RNA は 5 μ g 泳動した。分子量マーカーは DIG-RNA Marker I 20 ng を使用した。転写後、メンブレンは Stratagene 社の UV cross-linker で optimal cross-link の条件で紫外線照射し、RNA をメンブレン上に固定した。

(3) PCR マッピング

実施例 5 で作製した YIp 型ベクターである pAURGG115 に由来する断片が、ゲノムにどのようにインテグレートされているかを調べるために、調製した酵母 DNA 0.3-0.6 μ g を鋳型にし、合成オリゴヌクレオチド AUR-FWc と AUR-RVc、および AUR-SAL1 と AUR-SAL2 との各組合せをプライマーに用いて PCR を行った。PCR は 94°C 30 秒, 55°C 1 分, 72°C 3 分を 30 サイクル繰り返す条件で行った。

AUR-FWc: 5'-TCT CGA AAA AGG GTT TGC CAT-3' (配列番号 98)

AUR-RVc: 5'-TCA CTA GGT GTA AAG AGG GCT-3' (配列番号 99)

AUR-SAL1: 5'-TGT TGA AGC TTG CAT GCC TGC-3' (配列番号 100)

AUR-SAL2: 5'-TTG TAA AAC GAC GGC CAG TGA-3' (配列番号 101)

(4) DIG ラベルプローブ DNA の作製

ハイブリダイゼーションプローブは Probe I、II、III 及び V の 4 種を作製した (表 7)。

表 7 ハイブリダイゼーション用プローブ

| プローブ番号 | 遺伝子 | 鋳型 | プライマー1 | プライマー2 |
|--------|--------------|-------------|---------------------|---------------------|
| I | <i>ERG20</i> | pT7ERG20 | SCFPS1 | SCFPS2 |
| II | <i>BTS1</i> | pYES2-GGPS6 | BTS1 (1-21) | BTS1 (1008-982) |
| III | <i>HMG1</i> | pYHMG1 | HMG1 (1267-1293) | HMG1 (2766-2740) |
| V | <i>AUR1</i> | pAUR123 | AUR-RV | AUR-FW |

プローブ I:

実施例 2(1-1)で作製した pT7ERG20 を鋳型にして SCFPS1 と SCFPS2 をプライマーに用い、PCR DIG Probe Synthesis Kit (Roche Diagnostics, Mannheim, Germany) により DIG ラベルプローブ DNA を作製した。実験条件は Roche Diagnostics 社添付のプロトコルに従った。PCR は 94℃ 30 秒, 58℃ 1 分, 72℃ 3 分のサイクルを 30 サイクル繰り返す条件で行った。なお、DIG ラベルプローブ DNA は、反応後アガロースゲル電気泳動により合成状態をチェックした。

プローブ II:

合成オリゴヌクレオチド BTS1(1-21) 及び BTS1(1008-988)をプライマーにし、pYESGGPS (実施例 4(2-1)参照) を鋳型にしてプローブ I と同様にして DIG ラベルプローブ DNA を作製した。

BTS1(1-21): 5'-ATG GAG GCC AAG ATA GAT GAG-3' (配列番号 102)

BTS1(1008-988): 5'-TCA CAA TTC GGA TAA GTG GTC-3' (配列番号 103)

プローブ III:

合成オリゴヌクレオチド HMG1(1267-1293)と HMG1(2766-2740)をプライマーにし、pYES-HMG1 (実施例 3(3)参照) を鋳型にしてプローブ I と同様にして DIG ラベルプローブ DNA を作製した。

HMG1(1267-1293): 5'-AAC TTT GGT GCA AAT TGG GTC AAT GAT-3' (配列番号 80)

HMG1(2766-2740): 5'-TCC TAA TGC CAA GAA AAC AGC TGT CAC-3'
(配列番号 104)

プローブ V:

合成オリゴヌクレオチド AUR-FW と AUR-RV をプライマーにし、pAUR123 (宝酒造) を鋳型にして Probe I と同様に DIG ラベルプローブ DNA を作製した。

AUR-FW: 5'-ATG GCA AAC CCT TTT TCG AGA-3' (配列番号 105)

AUR-RV: 5'-AGC CCT CTT TAC ACC TAG TGA-3' (配列番号 106)

(5) ハイブリダイゼーションとプローブの検出

サザンブロットハイブリダイゼーションは、20 ng/ml のプローブ濃度で DIG Easy Hyb (Roche) を用いて 42℃ 24 時間行った。ノーザンブロットハイブリダイゼーションは、100 ng/ml のプローブ濃度で DIG Easy Hyb を用いて 50℃ 24 時間行った。それぞれ、あらかじめハイブリダイゼーションと同じ温度で DIG Easy Hyb 溶液で 24 時間プレハイブリダイゼーションを行ってある。ハイブリダイゼーション後、2x SSC, 0.1% SDS, 65℃, 10 分で 3 回、0.2x SSC, 0.1% SDS, 65℃, 15-20 分で 2 回、それぞれ洗浄した。洗浄後メンブレンは DIG Luminescent Detection Kit (Roche) で DIG ラベルプローブを化学発光させ、X 線フィルムに感光させ可視化した。

(6) 酵素活性測定

作製した組換え体のうち、下記宿主株、組換え体を用いた。宿主への各ベクターの導入は、Current Protocols in Molecular Biology, John Wiley & Sons, Inc., pp.13.7.1-13.7.2 に記載の酢酸リチウム法、または、Frozen-EZ Yeast Transformation II (Zymo Research, Orange, CA) を用いた方法で導入した（手順はキット同封の説明書に従った）。なお、1-2 株は pYES-HMG1 を A451 株に導入したものであり、3-2 株は pYHMG044 を A451 に導入したものであり、13-2 株は pYES-HMG1 を AURGG101 に導入したものであり、15-2 は pYHMG044 を AURGG101 に導入したものである。

No.1 宿主株：A451

No.2 *GAL1p-BTS1* (YIp) : AURGG101 (A451,*aur1::AUR1-C*)

No.3 *GAL1p-BTS1* (YIp) : AURGG102 (A451,*aur1::BTS1-AUR1-C*)

No.4 *GAL1p-HMG1* (YEp) : 1-2 (pYES-HMG1/A451)

No.5 *GAL1p-HMG1*Δ (YEp) : 3-2 (pYHMG044/A451)

No.6 *GAL1p-HMG1* (YEp) & *GAL1p-BTS1* (YIp) : 13-2 (pYES-HMG1/AURGG101)

No.7 *GAL1p-HMG1*Δ (YEp) & *GAL1p-BTS1* (YIp) : 15-2 (pYHMG044/AURGG101)

No.8 *GAL1p-HMG1* (YEp) & *GAL1p-BTS1* (YIp) : 24-1 (pYES-HMG1/AURGG102)

No.9 *GAL1p-HMG1*Δ (YEp) & *GAL1p-BTS1* (YIp) : 27-2 (pYHMG045/AURGG102)

No.10 *GAL1p-HMG1*Δ (YEp) & *GAL1p-BTS1* (YIp) : 31-2 (pYHMG076/AURGG102)

No.1-No.10 の株を 26℃ で培養した 1 ml の前培養液を生理食塩水で洗い、100 ml の培養液へ加え、300 ml の三角フラスコ内で 26℃、1 分あたり 120 回の往復振盪で培養した。培地は SD および SG (SD 培地のグルコースをガラクトースに置き換えたもの) を用いた。URA3 マーカーを保持している組換え体は SD-U (SD に CSM(-URA)を加えたもの) 又は SG-U (SG に CSM(-URA)を加えたもの) 培地にし、AURGG 株はオーレオパシジンを 1 μg/ml になるように加えた。

菌体増殖は OD₆₀₀ で測定し、OD₆₀₀ が 3-4 程度になった時点 (23-52 時間) で培養を止め、氷中で冷却し、以下に記載の DNA 調製、RNA 調製、粗酵素液調製を行った。

各培養液から遠心により菌体を集め、RNA 調製と同様にして 4℃ でガラスビーズで菌体を破碎後、滅菌水に懸濁した。微量冷却遠心機を用いて 12,000 r.p.m. で 10 分遠心し、その上清を粗酵素画分とした。粗酵素画分中のタンパク質濃度は、Bio-Rad Protein Assay (Bio-Rad, Hercules, CA) で BSA を標準タンパク質として測定した。粗酵素液 10 μg を用い下記の 200 μl 反応カクテル中で、37℃ で 40 分間反応させた。

0.125 mM [^{14}C]IPP (185 GBq/mol)
0.125 mM ゲラニルニリン酸(Sigma Chemical, St. Louis, MO)
100 mM Tris·HCl (pH 7.0)
10 mM NaF, 5 mM MgCl_2
5 mM 2-メルカプトエタノール
0.05% Triton X-100
0.005% BSA

反応後、水飽和ブタノールで伸長したプレニルニリン酸を抽出し、一部は液体シンチレーションカウンターで放射活性を測定した。残りのサンプルは、Koyama らの方法 (Koyama T., Fujii, H. and Ogura, K. 1985. Meth. Enzymol. 110: 153-155) に従ってジャガイモ酸性フォスファターゼで脱リン酸化後、薄層クロマトグラフィー (プレート LKC18 (Whatman, Clifton, NJ)、展開液 $\text{H}_2\text{O}/\text{acetone}=1:19$) で展開し、Bio Image Analyzer BAS2000 (Fuji Photo Film, Tokyo, Japan) でオートラジオグラムを可視化し、相対放射活性を測定した。

(7) 結果と考察

(7-1) サザンブロットハイブリダイゼーションと PCR マッピング

サザンブロットハイブリダイゼーションの結果を図 12 に示す。また、*AUR1* 近辺の PCR によるマッピングの結果を図 13 に示す。図 12 及び図 13 において、各レーン 1～10 は、(6)において使用した株の番号 (No.1～No.10) にそれぞれ対応する。

N は *NdeI* 消化、S は *StuI* 消化 DNA のレーンを示す。各レーンの DNA は以下の株より調製した。

レーン 1, A451; レーン 2, AURGG101; レーン 3, AURGG102; レーン 4, pYES-HMG1/A451; レーン 5, pYHMG044/A451; レーン 6, pYES-HMG1/AURGG101; レーン 7, pYHMG044/AURGG101, レーン 8, pYES-HMG1/AURGG102; レーン 9, pYHMG045/AURGG102; レーン 10, pYHMG076/AURGG102

ERG20 (FPP 合成酵素遺伝子) は全ての株で同一であり、*ERG20* 遺伝子の周辺のゲノムに変化がないことがわかった (図 12)。

BTS1 (GGPP 合成酵素遺伝子) と *AUR1* をプローブに用いたところ、AURGG102 株では、*AUR1* 部分に *BTS1* がインテグレーションされていたが、AURGG

G101 では宿主の A451 と変わらなかった。AURGG101 は *AUR1* 遺伝子部分のみが pAUR101 由来の *AUR1-C* 遺伝子に置換変異しただけで、*GAL1p-BTS1* 断片はゲノムに組み込まれていないことがわかった。PCR によって、ゲノムインテグレーションの結果生じる *AUR1* 遺伝子の重複を検出したところ、やはり AURGG101 由来の株ではバンドが検出されず、AURGG102 株のみでバンドが検出された (図 13)。

図 12 において、*HMG1* をプローブにしたときには、*NdeI* 切断の時プラスミド由来のバンドがみられた (No.4-7)。また、*StuI* 切断では 1-2 株 (No.4) の様に 8.2 kbp のプラスミド由来のバンド (8.3 kbp のゲノム由来のバンドと重なっている) が生じるはずなのに、13-2 株 (No.6)、15-2 株 (No.7) ではゲノム中の *HMG1* 付近と導入したプラスミド間で組換えが起こりバンドシフトがみられた。

サザンブロットハイブリダイゼーションと PCR マッピングの結果から、今回使用した株の遺伝子型は表 8 のようにまとめることができる。表中、AUR はオーレオバシジンを加えた培地で、培地 1 が前培養培地、培地 2 が本培養用の培地を示す。

表 8

| 株番号 | 株名 | 組み込まれた 遺伝子 | プラスミド中の 遺伝子 | 培地1 | 培地2 |
|-----|----------|---------------|------------------|----------|----------|
| 1 | A451 | - | - | SD | SG |
| 2 | AURGG101 | - | - | SD-AUR | SG-AUR |
| 3 | AURGG102 | <i>BTS1</i> | - | SD-AUR | SG-AUR |
| 4 | 1-2 | - | <i>HMG1</i> | SD-U | SG-U |
| 5 | 3-2 | - | <i>HMG1</i> Δ044 | SD-U | SG-U |
| 6 | 13-2 | - | <i>HMG1</i> | SD-U-AUR | SG-U-AUR |
| 7 | 15-2 | - | <i>HMG1</i> Δ044 | SD-U-AUR | SG-U-AUR |
| 8 | 24-1 | <i>BTS1</i> | <i>HMG1</i> | SD-U-AUR | SG-U-AUR |
| 9 | 27-2 | <i>BTS1</i> | <i>HMG1</i> Δ045 | SD-U-AUR | SG-U-AUR |
| 10 | 31-2 | <i>BTS1</i> | <i>HMG1</i> Δ076 | SD-U-AUR | SG-U-AUR |

(7-2) ノーザンブロットハイブリダイゼーション

ノーザンブロットハイブリダイゼーションの結果を図 14 に示す。プローブは、表 7 の I、II、III、V を使用した。

図 14 において、各レーン 1~10 は図 12 と同様である。また、- は SD 培地で

の転写産物を、+は SG 培地での転写産物を示す。

ERG20 の転写産物は、SG 培地で *GAL1p* 転写誘導をかけたときに 13-2 株 (No.6)、15-2 株 (No.7) で低下する傾向がみられた。

SG 培地により *GAL1* 転写プロモーター制御下の遺伝子の転写誘導を行ったところ、*BTS1* 転写産物は、*GAL1p-BTS1* 断片がゲノムにインテグレートされている株、すなわち AURGG102 (No.3) でのみ誘導が増加していた。

しかしながら、*HMG1* 転写産物と比較すると、その転写誘導の度合いは低いことが分かる。*HMG1* 転写産物は、SG 培地による転写誘導で、プラスミドにより *GAL1p-HMG1* 断片が導入された株 (No.4-7) で顕著に増加した。

(7-3) プレニルニリン酸合成酵素活性

アリル性ニリン酸基質としてゲラニルニリン酸 (GPP) と ^{14}C ラベルした IPP とを用いて、粗酵素液中のプレニルニリン酸合成酵素活性を調べた。

GPP と ^{14}C IPP を基質として合成された各プレニルニリン酸を脱リン酸化し、TLC 展開の後各スポットの放射活性を調べたところ、FPP 合成酵素活性が高く、次に、GGPP 合成酵素活性に比べてはるかに高い HexPP (ヘキサプレニルニリン酸) 合成酵素活性が検出された。そこで、オートラジオグラムから反応産物の相対量を計算し、総タンパク質あたりの比活性を計算した。その結果を図 15 に示す。図 15A は、上パネルが FPP 合成酵素(FPS)活性、下パネルが GGPP 合成酵素(GGPS)活性を示す。図 15B は、上パネルが HexPP 合成酵素(HexPS)活性、下パネルが PTase (総プレニルニリン酸合成酵素) 活性を示す。また、灰色の棒は SD 培地での結果を、白色の棒は SG 培地での結果を示す。総プレニルニリン酸合成酵素活性のうちの多くが FPP 合成酵素活性であり、SG 培地による活性上昇がみられた。特に、13-2 株 (No.6) と 15-2 株 (No.7) で顕著に増加していた。全体的には、GPP をアリル性基質にしたときの GGPP 合成酵素活性は FPP 合成酵素活性の 20000 分の一、HexPP 合成酵素活性の 300 分の一程度である。HexPP 合成酵素活性は SG 培地で低下した。

〔実施例 8〕 DNA の宿主への導入及び宿主の培養 (*Saccharomyces cerevisiae* による発現)

本実施例では、メバロン酸経路関連酵素の遺伝子を *S. cerevisiae* 細胞内で恒

常的に発現させる系を構築するために、恒常発現転写プロモーターを含み、各種栄養要求性マーカーを持った発現シャトルベクターに *S. cerevisiae* 由来の遺伝子を組み込み、メバロン酸関連酵素遺伝子の発現ベクターの作製を行い、これら遺伝子の高発現がプレニルアルコールの生産に与える効果を評価することにした。

(1) 酵母の形質転換

各メバロン酸経路関連酵素遺伝子発現ベクターを宿主に導入した。新たに導入したベクターには *TDH3* 転写プロモーター *TDH3p* (= *GAPp*) の下流に各メバロン酸経路関連酵素遺伝子を挿入した。宿主として以下のものを使用した。

A451

AURGG101

YPH499

AURGG703

YPH500

W303-1A

W303-1B

EUG5(A451 由来)

EUG8(A451 由来)

EUG12(YPH499 由来)

EUG24(YPH500 由来)

EUG27(YPH500 由来)

15-2(pYHMG044/AURGG101) (AURGG101 由来)

(2) 酵母の培養

メバロン酸経路関連酵素遺伝子を導入した酵母は、マーカー遺伝子に応じた SD 選択培地で前培養後、25 μ l 前培養液を 2.5 ml の YM 又は SG (SD のグルコース成分をガラクトースに置き換えたもの) 培地に加え、26℃で4日間 130 r.p.m.の往復振盪培養で培養した。ただし、SG 培地に加える前には菌体を生理食塩水で洗浄し、グルコース成分の持ち込みがないようにした。また、YPH499 を宿主に用いたときには、40 μ g/ml になるようにアデニン硫酸塩を培地に加えた。

(3) ペンタン抽出

メバロン酸経路関連酵素遺伝子を導入した酵母を培養後、30 倍希釈液で OD_{600} を測定した。その後、2.5 ml のメタノールを加え混合後、さらに約 5 ml のペンタンを加え激しく攪拌し静置した。ペンタン層を新しいガラス試験管にとり、ドラフト中でペンタンを気化させ溶質成分を濃縮後、内部標準物質として 1.0 ml/1 ウンデカノールを 10 μ l 加え、GC/MS 用サンプルとした。

(4) GC/MS 解析

ペンタン抽出画分を HP6890/5973 GC/MS システム (Hewlett-Packard, Wilmington, DE) を用いて分離、同定、定量した。使用カラムは HP-5MS (0.25 mm x 30 m、フィルム厚 0.25 μ m) であり、分析条件は以下の通りである。本明細書中での GC/MS 分析条件は、全て同様である。

インレット温度 250°C

検出器温度 260°C

[MS ゾーン温度]

MS Quad 150°C

MS Source 230°C

マススキャン範囲 35-200

[インジェクションパラメーター]

自動インジェクションモード

サンプル容量 2 μ l

3 回のメタノール洗浄及び 2 回のヘキサン洗浄

スプリット比 1/20

キャリアーガス ヘリウム 1.0 ml/分

溶媒遅延 2 分

[オープン加熱条件]

115°C 90 秒

70°C /分で 250°C まで加熱し、2 分間維持

70°C /分で 300°C まで加熱し、7 分間維持

時間 0 後

内部標準 エタノール中 0.01 μ l 1-ウンデカノール

信頼標準 (*all-E*)-ネロリドール (エーザイ)

(*all-E*)-ファルネソール (Sigma)

(*all-E*)-ゲラニルゲラニオール (エーザイ)

スクアレン (東京化成工業)

(5) 結果

遺伝子、発現ベクター、宿主、培養条件（培地、温度、培養時間）及び GGOH の最大生産量を示す結果を表 9 に示す。

表 9

| GGOH最大生産量 | | | | | | |
|-------------------------|-----------------------------|---------------------|-----|------------|--------------|-------------------|
| 遺伝子 | 導入したDNA | 宿主 | 培地 | 温度 (°C) | 培養時間 (時間) | GGOH生産量 (mg/l) |
| HMG1 | pRS434GAP-HMG1 | Sc A451 | YM | 26 | 96 | 0.348 |
| | pRS444GAP-HMG1 | Sc A451 | YM | 26 | 96 | 0.128 |
| | pRS444TEF-HMG1 | Sc A451 | YM | 30 | 96 | 0.069 |
| | pYES-HMG1 | Sc A451 | SG | 26 | 48 | 0.100 |
| | pYES-HMG1 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 48 | 2.20 |
| | pRS414TPadh-HMG1 | Sc YPH499 | YM* | 26 | 96 | 0.136 |
| HMG1 Δ | pYHMG044 | Sc A451 | SG | 26 | 48 | 0.053 |
| | pYHMG056 | Sc A451 | SG | 26 | 48 | 0.070 |
| | pYHMG062 | Sc A451 | SG | 26 | 48 | 0.065 |
| | pYHMG076 | Sc A451 | SG | 26 | 48 | 0.050 |
| | pYHMG081 | Sc A451 | SG | 26 | 48 | 0.051 |
| | pYHMG112 | Sc A451 | SG | 26 | 48 | 0.064 |
| | pYHMG122 | Sc A451 | SG | 26 | 48 | 0.062 |
| | pYHMG044 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 48 | 2.20 |
| | pYHMG044 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 0.729 |
| | pYHMG044 | Sc AURGG101 | SG | 30 | 96 | 7.95 |
| | pYHMG062 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 48 | 0.061 |
| | pYHMG076 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 48 | 0.062 |
| | pYHMG081 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 48 | 0.052 |
| HMG1+HMG1 Δ | pYHMG044+pRS434GAP-HMG1 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 0.927 |
| | pYHMG044+pRS444GAP-HMG1 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 0.739 |
| ERG20(YEp) | pRS435GAP-ERG20 | Sc A451 | YM | 26 | 96 | 0.067 |
| | pRS445GAP-ERG20 | Sc A451 | YM | 26 | 96 | 0.073 |
| BTS1(ゲノム) | pAURGG115(Eco065I digested) | Sc A451(AURGG102) | SG | 30 | 96 | 0.075 |
| | pAURGG115(Eco065I digested) | Sc YPH499(AURGG703) | SG | 26 | 96 | 0.093 |
| BTS1(YEpベクター) | pRS445GAP-BTS1 | Sc A451 | YM | 26 | 96 | 0.585 |
| | pRS435GAP-BTS1 | Sc YPH499 | YM | 26 | 96 | 0.204 |
| | pRS435GAP-BTS1(=pRS435GG) | Sc W303-1A | YM | 30 | 96 | 0.726 |
| | pRS445GAP-BTS1(=pRS445GG) | Sc W303-1A | YM | 30 | 96 | 0.189 |
| | pRS435GAP-BTS1(=pRS435GG) | Sc W303-1B | YM | 30 | 96 | 0.853 |
| | pRS445GAP-BTS1(=pRS445GG) | Sc W303-1B | YM | 30 | 96 | 0.254 |
| HMG1 Δ (YEp)+ERG20(YEp) | pYHMG044+pRS435GAP-ERG20 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 11.3 |
| | pYHMG044+pRS445GAP-ERG20 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 1.24 |
| HMG1 Δ (YEp)+ispA(YEp) | pYHMG044+pRS435GAP-ispA | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 1.64 |
| | pYHMG044+pRS445GAP-ispA | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 0.900 |
| HMG1(YEp)+BTS1(YEp) | pRS434GAP-HMG1(=pRS435GG) | Sc YPH499 | YM | 26 | 96 | 0.581 |
| | pRS434GAP-HMG1(=pRS445GG) | Sc YPH499 | YM | 26 | 96 | 0.350 |
| | pRS434TEF-HMG1(=pRS435GG) | Sc YPH499 | YM | 26 | 96 | 0.509 |
| | pRS434TEF-HMG1(=pRS445GG) | Sc YPH499 | YM | 26 | 96 | 0.630 |
| HMG1(YEp)+BTS1(ゲノム) | pYES-HMG1 | Sc AURGG102 | SG | 26 | 48 | 0.090 |
| | pYES-HMG1 | Sc AURGG102 | SG | 26 | 96 | 1.280 |
| | pYES-HMG1 | Sc AURGG703 | SG | 26 | 96 | 0.462 |
| HMG1 Δ (YEp)+BTS1(YEp) | pYHMG044(=pRS435GG) | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 9.76 |
| | pYHMG044(=pRS445GG) | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 8.82 |
| HMG1 Δ (YEp)+BTS1(ゲノム) | pYHMG027 | Sc AURGG102 | SG | 26 | 48 | 0.078 |
| | pYHMG044 | Sc AURGG102 | SG | 26 | 48 | 0.120 |
| | pYHMG044 | Sc AURGG102 | SG | 26 | 96 | 0.415 |
| | pYHMG045 | Sc AURGG102 | SG | 26 | 48 | 0.610 |
| | pYHMG059 | Sc AURGG102 | SG | 26 | 48 | 0.099 |
| | pYHMG062 | Sc AURGG102 | SG | 26 | 48 | 0.120 |
| | pYHMG062 | Sc AURGG102 | SG | 26 | 48 | 0.418 |

| | | | | | |
|---------------------------|-------------|---------|----|-----|-------|
| pYHMG063 | Sc AURGG102 | SG | 26 | 48 | 0.110 |
| pYHMG076 | Sc AURGG102 | SG | 26 | 48 | 0.400 |
| pYHMG083 | Sc AURGG102 | SG | 26 | 48 | 0.210 |
| pYHMG094 | Sc AURGG102 | SG | 26 | 48 | 0.170 |
| pYHMG106 | Sc AURGG102 | SG | 26 | 48 | 0.120 |
| pYHMG122 | Sc AURGG102 | SG | 26 | 48 | 0.160 |
| pYHMG123 | Sc AURGG102 | SG | 26 | 48 | 0.097 |
| pYHMG134 | Sc AURGG102 | SG | 26 | 48 | 0.110 |
| pYHMG044 | Sc AURGG703 | SG | 26 | 96 | 0.201 |
| pYHMG062 | Sc AURGG703 | SG | 26 | 96 | 0.243 |
| HMG1 Δ (YEp)+ispAm(YEp) | | | | | |
| pYHMG044+pRS435GAP-ispAm | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 1.36 |
| HMG1 Δ (YEp)+ORF182(YEp) | | | | | |
| pYHMG044+pRS435GAP-ORF182 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 0.626 |
| pYHMG044+pRS445GAP-ORF182 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 1.16 |
| HMG1 Δ (YEp)+HMGS(YEp) | | | | | |
| pYHMG044+pRS435GAP-HMGS | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 1.30 |
| pYHMG044+pRS445GAP-HMGS | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 0.883 |
| HMG1 Δ (YEp)+ERG12(YEp) | | | | | |
| pYHMG044+pRS435GAP-ERG12 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 0.702 |
| pYHMG044+pRS445GAP-ERG12 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 1.01 |
| HMG1 Δ (YEp)+ERG8(YEp) | | | | | |
| pYHMG044+pRS435GAP-ERG8 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 0.700 |
| pYHMG044+pRS445GAP-ERG8 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 2.72 |
| HMG1 Δ (YEp)+ERG10(YEp) | | | | | |
| pYHMG044+pRS435GAP-ERG10 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 1.15 |
| pYHMG044+pRS445GAP-ERG10 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 1.22 |
| HMG1 Δ (YEp)+ERG19(YEp) | | | | | |
| pYHMG044+pRS435GAP-ERG19 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 1.89 |
| pYHMG044+pRS445GAP-ERG19 | Sc AURGG101 | SG | 26 | 96 | 1.02 |
| fpsm(Y81M) | | | | | |
| pFPSm21 | Ec JM109 | 2xYT*** | 37 | 16 | 16.1 |
| ispAm(Y79M) | | | | | |
| p16M | Ec JM109 | 2xYT*** | 37 | 16 | 21.9 |
| ispAm(Y79D) | | | | | |
| p15D | Ec JM109 | 2xYT*** | 37 | 16 | 0.12 |
| ispAm(Y79E) | | | | | |
| p4E | Ec JM109 | 2xYT*** | 37 | 16 | 0.26 |
| ispAm(Y79M) + idi | | | | | |
| pALispA16m + p3-47-13 | Ec JM109 | 2xYT | 37 | 16 | 0.07 |
| - | Sc A451** | | | | 0.02 |
| - | Sc AURGG101 | | | | 0.02 |
| - | Sc YPH499 | | | | 0.00 |
| - | Sc YPH500 | | | | 0.00 |
| - | Sc W303-1A | | | | 0.00 |
| - | Sc W303-1B | | | | 0.00 |
| - | Ec JM109 | | | | 0.00 |
| HMG1 | | | | | |
| pRS434GAP-HMG1 | Sc EUG8 | YM | 30 | 96 | 0.16 |
| pRS444GAP-HMG1 | Sc EUG8 | YM | 30 | 96 | 0.12 |
| pRS434GAP-HMG1 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 1.03 |
| pRS444GAP-HMG1 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 1.02 |
| pRS434GAP-HMG1 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.55 |
| pRS434GAP-HMG1 | Sc EUG27 | YM | 30 | 96 | 0.55 |
| pRS434GAP-HMG1 | Sc EUG27 | YM | 30 | 96 | 0.63 |
| HMG1 Δ | | | | | |
| pYHMG044 | Sc AURGG101 | YMO | 26 | 157 | 3.58 |
| pRS434GAP-HMG026 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.09 |
| pRS434GAP-HMG044 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.09 |
| pRS434GAP-HMG056 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.11 |
| pRS434GAP-HMG062 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.13 |
| pRS434GAP-HMG076 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.15 |
| pRS434GAP-HMG081 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.14 |
| pRS434GAP-HMG100 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.18 |
| pRS434GAP-HMG112 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.34 |
| pRS434GAP-HMG122 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.13 |
| pRS434GAP-HMG133 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.71 |
| pRS434GAP-HMG026 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.63 |

| | | | | | |
|------------------|-----------|---------|----|-----|------|
| pRS434GAP-HMG044 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.44 |
| pRS434GAP-HMG056 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.4 |
| pRS434GAP-HMG062 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.45 |
| pRS434GAP-HMG076 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.55 |
| pRS434GAP-HMG081 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.49 |
| pRS434GAP-HMG100 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.44 |
| pRS434GAP-HMG112 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.53 |
| pRS434GAP-HMG122 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.5 |
| pRS434GAP-HMG133 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.44 |
| BTS1(YEpベクター) | | | | | |
| pRS435GGG | Sc EUG8 | YM | 30 | 96 | 1.4 |
| pRS435GGG | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 1.58 |
| pRS435GGG | Sc EUG27 | YM | 30 | 96 | 1.53 |
| FPS genes | | | | | |
| pFPSm21 | Ec JM109 | 2xYT*** | 37 | 16 | 16.1 |
| pFPSm31 | Ec JM109 | 2xYT*** | 37 | 16 | 6.9 |
| p4D | Ec JM109 | 2xYT*** | 37 | 16 | 0.09 |
| p4E | Ec JM109 | 2xYT*** | 37 | 16 | 0.26 |
| p4M | Ec JM109 | 2xYT*** | 37 | 16 | 15.5 |
| p8M | Ec JM109 | 2xYT*** | 37 | 16 | 0.31 |
| p15D | Ec JM109 | 2xYT*** | 37 | 16 | 0.12 |
| p15E | Ec JM109 | 2xYT*** | 37 | 16 | 0.21 |
| p16D | Ec JM109 | 2xYT*** | 37 | 16 | 0.06 |
| p16E | Ec JM109 | 2xYT*** | 37 | 16 | 0.88 |
| p16M | Ec JM109 | 2xYT*** | 37 | 16 | 21.9 |
| p18E | Ec JM109 | 2xYT*** | 37 | 16 | 0.14 |
| p18M | Ec JM109 | 2xYT*** | 37 | 16 | 6 |
| FPS genes+idi | | | | | |
| p16M+p3-47-13 | Ec JM109 | 2xYT | 37 | 16 | 0.07 |
| GGHDEL | | | | | |
| pRS445GGHDEL | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 0.23 |
| FGG fusion | | | | | |
| pRS435FGG | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 0.46 |
| pRS435FGGHDEL | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 0.29 |
| GGF fusion | | | | | |
| pRS435GGF | Sc A451 | YM | 30 | 96 | 0.28 |
| pRS435GGF | Sc A451 | YMO | 30 | 96 | 0.48 |
| pRS435GGF | Sc A451 | YM | 30 | 168 | 0.28 |
| pRS435GGF | Sc A451 | YMO | 30 | 168 | 1.01 |
| pRS435GGF | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 2.1 |
| pRS435GGF | Sc YPH499 | YMO | 30 | 96 | 1.49 |
| pRS435GGF | Sc YPH499 | YM | 30 | 168 | 0.37 |
| pRS435GGF | Sc YPH499 | YMO | 30 | 168 | 2.92 |
| pRS435GGF | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 5.2 |
| pRS435GGF | Sc EUG5 | YMO | 30 | 96 | 4.2 |
| pRS435GGF | Sc EUG5 | YM(100) | 30 | 96 | 3.5 |
| pRS435GGF | Sc EUG5 | YM | 30 | 168 | 7.32 |
| pRS435GGF | Sc EUG5 | YMO | 30 | 168 | 10.1 |
| pRS435GGF | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.47 |
| pRS435GGF | Sc EUG12 | YMO | 30 | 96 | 2.38 |
| pRS435GGF | Sc EUG12 | YM(20) | 30 | 96 | 7.04 |
| pRS435GGF | Sc EUG12 | YM | 30 | 168 | 1.43 |
| pRS435GGF | Sc EUG12 | YMO | 30 | 168 | 5.78 |
| pRS435GGFHDEL | Sc A451 | YMO | 30 | 96 | 0.13 |
| pRS435GGFHDEL | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 1.9 |
| pRS435GGFHDEL | Sc YPH499 | YMO | 30 | 96 | 1.69 |
| pRS435GGFHDEL | Sc YPH499 | YM | 30 | 168 | 0.54 |
| pRS435GGFHDEL | Sc YPH499 | YMO | 30 | 168 | 2.5 |
| pRS435GGFHDEL | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 5.78 |
| pRS435GGFHDEL | Sc EUG5 | YMO | 30 | 96 | 3.97 |
| pRS435GGFHDEL | Sc EUG5 | YM(75) | 30 | 96 | 3.94 |
| pRS435GGFHDEL | Sc EUG5 | YM | 30 | 168 | 6.99 |
| pRS435GGFHDEL | Sc EUG5 | YMO | 30 | 168 | 10.6 |
| pRS435GGFHDEL | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.6 |
| pRS435GGFHDEL | Sc EUG12 | YMO | 30 | 96 | 2.33 |
| pRS435GGFHDEL | Sc EUG12 | YM(20) | 30 | 96 | 8.01 |
| pRS435GGFHDEL | Sc EUG12 | YM | 30 | 168 | 1.18 |

| pRS435GGFHDEL HMG1+GGF fusion | Sc EUG12 | YMO | 30 | 168 | 5.78 |
|----------------------------------|-----------|---------|----|-----|------|
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGF | Sc A451 | YM | 30 | 96 | 0.55 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGF | Sc A451 | YMO | 30 | 96 | 0.36 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGF | Sc A451 | YM | 30 | 168 | 0.93 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGF | Sc A451 | YMO | 30 | 168 | 1.01 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGF | Sc A451 | YM(50) | 30 | 168 | 4.54 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGF | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 0.79 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGF | Sc YPH499 | YMO | 30 | 96 | 2.46 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGF | Sc YPH499 | YM(50) | 30 | 96 | 2.25 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGF | Sc YPH499 | YMO | 33 | 109 | 128 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGF | Sc YPH499 | YM | 30 | 168 | 1.28 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGF | Sc YPH499 | YMO | 30 | 168 | 5.66 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGF | Sc YPH499 | YM(100) | 30 | 168 | 2.5 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGFHDEL | Sc A451 | YM | 30 | 96 | 0.54 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGFHDEL | Sc A451 | YMO | 30 | 96 | 0.41 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGFHDEL | Sc A451 | YM | 30 | 168 | 0.76 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGFHDEL | Sc A451 | YMO | 30 | 168 | 3.49 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGFHDEL | Sc A451 | YM(75) | 30 | 168 | 5.74 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGFHDEL | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 1 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGFHDEL | Sc YPH499 | YMO | 30 | 96 | 2.6 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGFHDEL | Sc YPH499 | YM(100) | 30 | 168 | 2.85 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGFHDEL | Sc YPH499 | YM | 30 | 168 | 2.45 |
| pRS434GAP-HMG1+pRS435GGFHDEL | Sc YPH499 | YMO | 30 | 168 | 6.16 |

*: 0.1%アデカノール+5%Glcを添加した。

**：宿主のみの場合は、いずれの培養条件においてもGGOHは生産されなかった。

***: IPPとDMAPPを添加した。

遺伝子名中、「YEp」とあるのはYEpベクターを導入しているものを意味し、「ゲノム」とあるのはゲノムインテグレートを意味する。

表中、宿主の欄の Ec は *E. coli* を、Sc は *S. cerevisiae* を意味する。また、YM (20) は、YM 培地中の糖成分中の初期糖含量が 20% Glc- 80% Gal の培地に 2 日後にさらに終濃度 5% Glc を添加したものを意味する。他の培地や数値についても同様である。

(5-1) *ERG20* の発現による GGOH の生産

pRS435GAP-ERG 又は pRS445GAP-ERG を A451 に導入すると高効率で GGOH が生産され、pRS445GAP-ERG を用いたときには 0.73mg/l の GGOH を生産した (表 9)。

(5-2) *BTS1* の発現による GGOH の生産

pRS435GAP-BTS1 又は pRS445GAP-BTS1 を A451、YPH499 に導入すると GGOH の生産が増加し (表 9)、A451 を宿主としたときに平均 0.10~0.11mg/l、最大 0.585mg/l の GGOH を生産した (表 9)。さらに、pRS435GAP-BTS1 又は pRS445GAP-BTS1 を W303-1A 又は W303-1B に導入すると、最大 0.19-0.85 mg/l の GGOH が生産された (表 9)。

(5-3) HMG-CoA 還元酵素遺伝子又はその変異体の発現による GGOH の生産

(i) 恒常発現型プロモーターを連結した *HMG1* 遺伝子を A451 に導入した場合 (「恒常発現プロモーター ; *HMG1* ; A451」のように表記する。以下同様。) の GGOH 生産

GGOH の生産量を測定した結果を図 16 に示す。図 16 において、434、444 は、それぞれ pRS434GAP、pRS444GAP ベクターを用いたときの結果を表す。一番右のグラフが遺伝子導入前の宿主(A451)を培養したときの結果を示す。

この結果より、A451 を宿主に用いると、pRS434GAP-HMG/A451 では GGOH の生産性が向上し、*HMG1* 遺伝子の転写を活性化させるだけで GGOH は平均 0.105mg/l、コロニーによっては、最高で 0.348mg/l 生産され (表 9)、GGOH 生産に有効であることが分かった。

(ii) 誘導型プロモーター ; *HMG1*; A451 & AURGG101

誘導型プロモーター *GAL1p* を含むベクター pYES2 に *HMG1* 遺伝子 (PCR エラー変異型 *HMG1* である *HMG1'*) を挿入したプラスミド pYES2-HMG を、A451 と AURGG101 (A451, *aur1::AUR1-C*)へ導入した。

その結果、GGOH を高生産するクローンが得られた。GGOH 量は AURGG101 株で平均 1.1mg/l に達し、最大 2.2mg/l の GGOH を生産した (図 17)。

(iii) 誘導型プロモーター ; *HMG1* & *BTS1*; AURGG102 & AURGG703

誘導型プロモーター *GAL1p* を含むベクター pYES2 に *HMG1'*を挿入したプラスミド pYES2-HMG を、A451 由来株である AURGG102 と YPH499 由来株である AURGG703 へ導入した (ゲノムヘインテグレートされている)。

その結果、AURGG102 及び AURGG703 のいずれを宿主に用いた場合でも、*GAL1p* を使用したときは、GGOH を高生産するクローンが得られ (図 18)、AURGG102 において最大 1.28 mg/l の GGOH を生産した。

(iv) 誘導型プロモーター ; *HMG1*Δ; A451

誘導型プロモーター *GAL1p* を含むベクター pYES2 に欠失型 *HMG1'*遺伝子を挿入した以下のプラスミドをそれぞれ A451 へ導入した。

pYHMG026

pYHMG044

pYHMG056

pYHMG062

pYHMG076

pYHMG081

pYHMG100

pYHMG112

pYHMG122

SG 培地で培養後、GGOH の生産量を測定した (図 19)。図 19 において、*HMG1*Δ026 は pYHMG026 を A451 へ導入したときの結果を示す。他の遺伝子についても同様である (以下同じ)。

欠失型 *HMG1* 遺伝子を誘導型プロモーターで発現させると、GGOH 高生産株が得られた。GGOH 生産には *HMG1*Δ056 と *HMG1*Δ062 が効果があった (*HMG062/A451* で平均 0.063mg/l)。

(v) 誘導型プロモーター ; *HMG1*Δ ; AURGG101

誘導型プロモーター *GAL1p* を含むベクター pYES2 に、欠失型 *HMG1* 遺伝子を挿入した以下のプラスミドをそれぞれ AURGG101 へ導入した。

pYHMG026

pYHMG044

pYHMG056

pYHMG062

pYHMG076

pYHMG081

pYHMG100

pYHMG112

pYHMG122

pYHMG133

SG 培地で培養後、GGOH の生産量を測定した (図 20)。その結果、*HMG1*Δ044 において約 3.1mg の GGOH 生産が認められた。図 20 において、一番右側のカラムは遺伝子導入前の宿主 AURGG101 の生産量を示す。

(vi) 誘導型プロモーター ; *HMG1*Δ & *BTS1*; AURGG102

誘導型プロモーター *GAL1p* を含むベクター pYES2 に欠失型 *HMG1* 遺伝子を挿入した以下のプラスミドをそれぞれ AURGG102 へ導入した。

pYHMG027

pYHMG044

pYHMG045

pYHMG059

pYHMG062

pYHMG063

pYHMG076

pYHMG083

pYHMG094

pYHMG106

pYHMG112

pYHMG123

pYHMG134

SG 培地で培養後、GGOH の生産量を測定した。

その結果、pYHMG045 を導入した場合、平均で 0.36 mg/l の GGOH を生産する株が得られた(図 21)。

(vii) 誘導型プロモーター ; *HMG1Δ* & *BTS1*; AURGG703

誘導型プロモーター *GAL1p* を含むベクター pYES2 に欠失型 *HMG1'* 遺伝子を挿入したプラスミド pYHMG044 と pYHMG062 をそれぞれ AURGG703 へ導入した。SG 培地で培養後、GGOH の生産量を測定した。

その結果、pYHMG062 が導入された株において、平均で 0.21 mg/l の GGOH を生産した(図 22)。

(5-4) *BTS1* と HMG-CoA 還元酵素遺伝子との発現による GGOH の生産

pRS435GAP-HMG1 又は pRS445GAP-HMG1 と *BTS1* とを YPH499 に導入し、GGOH の生産量を測定した。その結果、pRS435GAP-HMG1 を導入すると最大 0.58 mg/l の GGOH を生産するクローンが得られた (表 9)。

(5-5) *ispAm*、ORF182(*idi*)、*HMGS*、*ERG8*、*ERG10* 又は *ERG19* と欠失型 HMG-CoA 還元酵素遺伝子 (*HMG1Δ*) との発現による GGOH の生産

ispAm、ORF182(*idi*)、*HMGS*、*ERG8*、*ERG10* 又は *ERG19* と *HMG1Δ* とを AURGG101 に導入し、GGOH の生産量を測定した。その結果、最大 0.6mg/l~2.7 mg/l の範囲で GGOH を生産するクローンが得られた(表 9)。

〔実施例 9〕 DNA の宿主への導入及び宿主の培養 (*Escherichia coli* による発現)

E. coli FPP 合成酵素遺伝子 *ispA* 発現ベクターとして pALisp4、pALisp15、pALisp16、pALisp18 を用い、*ispA* を置換変異させて GGPP 合成酵素遺伝子に改変した *ispA*(Y79D)、*ispA*(Y79E)、*ispA*(Y79M) の発現ベクターとして p4D、p4E、p4M、p8M、p15D、p15E、p16D、p16E、p16M、p18E、p18M を用いて、また、*B. stearothermophilus* FPP 合成酵素遺伝子 *fps* の Y81M 変異型遺伝子として pFPSm21、pFPSm31 を用いて、*E. coli* JM109 に導入し、50 ml/300 ml flask の 2x YT、1 mM IPTG 培地に前培養液を 0.5 ml 加え、必要に応じた抗生物質 (アンピシリン、クロラムフェニコール) と 5 mM (約 0.12% (W/V)) の IPP と DMAPP を加え、37℃ で 16 時間振盪培養した。

培養後、培養液上清と沈殿超音波破碎物にジャガイモ酸性フォスファターゼを加え、ペンタンを有機溶媒としてプレニルアルコールを抽出し、GC/MS により生産量を同定、定量した。また、IPP と DMAPP を添加しなくてもプレニルアルコール生産が行えるかどうかを確かめるため、実施例 3(1) で得られたプラスミド p16M(pALispA16m とする) と、実施例 2(10-2) で得られた IPPΔ-イソメラーゼ遺伝子 *idi* を保持するプラスミド p3-47-13 を *E. coli* JM109 に導入、50 ml/300 ml flask の 2x YT、1 mM IPTG 培地に前培養液を 0.5 ml 加え、必要に応じて抗生物質を加え (アンピシリン、クロラムフェニコール)、37℃ で 16 時間振盪培養した。

その結果、培地に添加成分として IPP と DMAPP を加えたときの GGOH の生産量は、変異型 *fps* を導入した場合 (図 23 中の pFPSm21、pFPSm31 で示す) でそれぞれ 16.1mg/l、6.9mg/l であった。また、変異型 *ispA* を導入した場合でも、p4M、p16M、p18M を保持する JM109 を培養した場合はそれぞれ 15.5 mg/l、21.9 mg/l、6.0 mg/l であり (図 23)、Y79M 変異を導入した p4M、p16M において、沈殿画分に高い GGOH 活性が認められた。これは、pALispA4、pALispA16 は *E. coli* 細胞内で活性のある FPP 合成酵素を発現し、その置換変異型プラスミド p4M、p16M も十分な発現活性があると考えられる。

なお、培地に添加成分として IPP と DMAPP を加えなかったときの GGOH の

生産量は、pALispA16m を保持する JM109 で 0.07 mg/l であった。また、pALispA16m と、*IPPΔ*-イソメラーゼを保持するプラスミド p3-47-13 とを共発現させたときに、GGOH 換算で生産性は 0.12mg/l であった。

【実施例 10】 融合遺伝子の発現によるプレニルアルコールの生産

S. cerevisiae *BTS1* がコードしている GGPP 合成酵素は、プライマー基質として DMAPP (dimethyl allyl diphosphate; ジメチルアリルニリン酸) よりも FPP を好むと仮定する。そうすると、IPP から GGOH 前駆体である GGPP への合成能を強化するためには、ファルネシルニリン酸合成能を同時に補強する必要があると考えられた。

そこで、本実施例では、*BTS1* と *ERG20* の融合遺伝子を作製し、*S.cerevisiae* 細胞内でその融合遺伝子を発現させ、GGOH 生産能が向上するかを確かめることにした。また、あわせて小胞体移行シグナルをコードする塩基配列を *BTS1*、*ERG20* やその融合タンパク質遺伝子の下流に組み込み、プレニルアルコール生産に与える影響を調べることにした。

(1) プラスミド DNA の作製

GGPP 合成酵素遺伝子 *BTS1* を pYES2 に組み込んだ pYESGGPS と、FPP 合成酵素遺伝子 *ERG20* を pT7 に組み込んだ pT7ERG20 とを鋳型に用い、PCR を行った。使用した PCR プライマーは以下の通りである。

SacII-BTS1:5'-TCC CCG CGG ATG GAG GCC AAG ATA GAT-3' (配列番号 107)

BTS1-XhoI:5'-CAA CTC GAG TCA CAA TTC GGA TAA GTG-3' (配列番号 108)

ERG20HDEL-XbaI:5'-GCT CTA GAG TTC GTC GTG TTT GCT TCT CT T GTA AAC TT-3' (配列番号 109)

BTS1HDEL-XhoI:5'-TAT CTC GAG TCA CAA TTC GTC ATG TAA ATT GG-3' (配列番号 110)

BTS1-109I:5'-GCA GGG ACC CCA ATT CGG ATA AGT GGT C-3' (配列番号 111)

109I-BTS1:5'-GTA GGG TCC CTG GAG GCC AAG ATA GAT G-3' (配列番号 112)

ERG20-109I:5'-GCA GGG ACC CTT TGC TTC TCT TGT AAA CT-3' (配列番号 113)

109I-ERG20:5'-GTA GGG TCC TCA GAA AAA GAA ATT AGG AG-3' (配列番号 114)

-21:5'- TGT AAA ACG ACG GCC AGT-3' (配列番号 115)

T7:5'-TAA TAC GAC TCA CTA TAG GG-3' (配列番号 116)

ERG20HDEL-XbaI: 5'-GCT CTA GAG TTC GTC GTG TTT GCT TCT CTT GTA AAC TT-3' (配列番号 117)

BTS1HDEL-XhoI: 5'-TAT CTC GAG TCA CAA TTC GTC ATG TAA ATT GG-3' (配列番号 118)

ERG20HDEL-XbaI の第 3 番目～第 8 番目の塩基及び BTS1HDEL-XhoI の第 4 番目～第 9 番目の塩基 (それぞれ、6 塩基分を下線で施した部分) はベクター連結用の *Sac*II、*Xho*I または *Xba*I 認識部位を示す。また、BTS1-109I、109I-BTS1、ERG20-109I 及び 109I-ERG20 の第 4 番目～第 10 番目の塩基 (それぞれ、7 塩基分を下線で施した部分) は融合遺伝子作製の *Eco*O109I 認識部位を示す。

PCR は以下の反応液で行った。

1x KOD-Plus バッファー (東洋紡),
0.2 mM dNTPs
0.25 mM MgSO₄
15 pmol primer 1
15 pmol primer 2
0.01-0.1 µg 鋳型 DNA
1 u KOD-Plus DNA ポリメラーゼ(Toyobo)

全量 50 µl

KOD-Plus には 1.6 µg/µl の KOD 抗体が含まれている。反応条件は、94℃ で 2 分の反応後、94℃ 15 秒、55℃ 30 秒及び 68℃ 1 分のサイクルを 30 サイクル行い、その後 68℃ 2 分保温した。

1st PCR は以下の鋳型、プライマー (primer 1, primer 2) の組合せで行った。

(表 10、図 24)。PCR 産物名も表 10 及び図 24 に示した。図 24 において、最も左側の列に最終的なプラスミド名を記した。グレーの文字で示した配列はアミノ酸配列を意味し、このうち GS は融合遺伝子の結合配列に導入し、HDEL は小胞体移行シグナルとして挿入した。くさび形矢印は、PCR で使用したプライマーの位置と向きを示している。

表 10

| 鋳型 | primer 1 | primer 2 | PCR 産物名 |
|----------|-------------|----------------|---------|
| pT7ERG20 | SacII-BTS1 | BTS1HDEL-XhoI | #6 |
| pYESGGPS | SacII-ERG20 | ERG20HDEL-XbaI | #7 |
| pYESGGPS | SacII-BTS1 | BTS1-109I | #9 |
| pT7ERG20 | T7 | ERG20-109I | #10 |
| pT7ERG20 | 109I-ERG20 | -21 | #11 |
| pYESGGPS | 109-BTS1 | BTS1-XhoI | #12 |
| pT7ERG20 | 109I-ERG20 | ERG20HDEL-XbaI | #13 |
| pYESGGPS | 109I-BTS1 | BTS1HDEL-XhoI | #14 |

PCR 産物#9、#10、#11、#12、#13、#14 を制限酵素 *EcoO109I* で消化後、#9 と#11、#10 と#12、#9 と#13、#10 と#14 とをそれぞれライゲーションした。このライゲーション溶液を PCR の鋳型とし、それぞれ、SacII-BTS1 と-21、T7 と BTS1-XhoI、SacII-BTS1 と ERG20HDEL-XbaI、T7 と BTS1HDEL-XhoI を primer 1 と primer 2 に用いて、2nd PCR を 1st PCR と同じ条件で行い、2nd PCR 産物#9-#11、#10-#12、#9-#13、#10-#14 を得た。

#9-#11 を *SacII* と *BamHI* で切断後 pRS435GAP と pRS445GAP の *SacII-BamHI* 部位に挿入し、それぞれ pRS435GGF と pRS445GGF とした。

#10-#12 を *XbaI* と *XhoI* で切断後 pRS435GAP と pRS445GAP の *XbaI-XhoI* 部位に挿入し、それぞれ pRS435FGG と pRS445FGG とした。

#9-#13 を *SacII* と *XbaI* で切断後 pRS435GAP の *SacII-XbaI* 部位に挿入し、それぞれ pRS435GGFHDEL とした。

#10-#14 を *XbaI* と *XhoI* で切断後 pRS435GAP と pRS445GAP の *XbaI-XhoI* 部位に挿入し、それぞれ pRS435FGGHDEL と pRS445FGGHDEL とした。

#7 を *SacII* と *XbaI* で切断後 pRS435GAP と pRS445GAP の *SacII-XbaI* 部位に挿入し、それぞれ pRS435FHDEL と pRS445FHDEL とした。

#6 を *Bam*HI と *Xho*I で切断後 pRS435GAP と pRS445GAP の *Bam*HI-*Xho*I 部位に挿入し、それぞれ pRS435GGHDEL と pRS445GGHDEL とした。

作製したプラスミド DNA は、DNA シークエンシングにより設計通りの塩基配列を持っていることを確認してある。

融合遺伝子でない *BTS1*、*ERG20* の発現ベクターとして、pRS435GAP-BTS1 (pRS435GG という)、pRS445GAP-BTS1 (pRS445GG という)、pRS435GAP-*ERG20* (pRS435F という)、pRS445GAP-*ERG20* (pRS445FG という) を利用し、*HMG1* 発現用に使用したプラスミドとして pRS434TEF-HMG1 と pRS434GAP-HMG1 を利用した。

(2) 組換え体の作製

組換え体の作製は、Zymo Research (Orange, CA) の Frozen EZ yeast transformation kit を用いて、上記の通り作製したプラスミドを宿主に導入することにより行った。宿主は A451、YPH499、AH1(pRS434GAP-HMG1/A451)、YH1 (pRS434GAP-HMG1/YPH499)、EUG5、EUG12 を使用した。

(3) プレニルアルコール生産量測定

EUG 株以外の組換え体は SD (synthetic dextrose) 選択液体培地に接種し、EUG 株は SGR(SD のグルコース成分をガラクトースとラフィノースに置き換えたもの)に接種し、30℃で培養し前培養液とした。培養した前培養液 10 または 25 μ l を、1.0 または 2.5 ml の YM7+ade (YM, pH7, 40 μ g/ml アデニン硫酸塩) 培地または YMO (YM7+ade, 1% 大豆油, 0.1% アデカノール LG-109 (Asahi Denka Kogyo, Tokyo, Japan)) 培地に加え、30℃で 4 日間または 7 日間 130 r.p.m. で往復振盪培養した。

培養後、メタノールを等量加えて混合し、ペントンを約 2 倍量加えて激しく攪拌した。静置後、ペントン層を新しいガラス試験管にとり、ドラフト中でペントンを気化させ、溶質成分を濃縮後、ガスクロマトグラフィー/質量分析 (GC/MS) でプレニルアルコールを同定・定量し、内部標準としてウンデカノールを用いて定量した。また、その際、菌体増殖の度合いを調べるため、培養液 20 μ l を水で 30 倍に希釈し、600 nm の吸光度を測定した。

GC/MS は、HP6890/5973 GC/MS システム (Hewlett-Packard, Wilmington, DE) を用いた。

(4) 結果と考察

融合遺伝子発現により得られるゲラニルゲラニオール of 最大生産量の一覧を表 11 に示す。

表 11

融合遺伝子によるGGOH最大生産量

| 遺伝子 | 発現ベクター | 宿主 | 培地 | 温度 (°C) | 培養時間 (時間) | GGOH生産量 (mg/l) |
|------------|------------------------------|-----------|-----|------------|--------------|-------------------|
| 435FHDEL | pRS435FHDEL | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.171 |
| | pRS445FHDEL | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.106 |
| | pRS435FHDEL | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.090 |
| | pRS445FHDEL | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.056 |
| 435GGHDEL | pRS445GGHDEL+pRS434GAP-HMG1 | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 0.227 |
| | pRS435GGHDEL | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.168 |
| | pRS445GGHDEL | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.397 |
| | pRS435GGHDEL | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.733 |
| | pRS445GGHDEL | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.825 |
| 435FGG | pRS435FGG | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 0.271 |
| | pRS445FGG | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 0.156 |
| | pRS435FGG+pRS434GAP-HMG1 | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 0.462 |
| | pRS445FGG+pRS434GAP-HMG1 | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 0.648 |
| | pRS435FGG | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 2.46 |
| | pRS445FGG | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 2.17 |
| | pRS435FGG | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 4.83 |
| | pRS445FGG | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 3.65 |
| 435GGF | pRS435GGF | Sc A451 | YM | 30 | 96 | 0.354 |
| | pRS435GGF | Sc A451 | YM | 30 | 168 | 0.283 |
| | pRS435GGF | Sc A451 | YMO | 30 | 96 | 0.475 |
| | pRS435GGF | Sc A451 | YMO | 30 | 168 | 1.00 |
| | pRS435GGF+pRS434GAP-HMG1 | Sc A451 | YM | 30 | 96 | 0.546 |
| | pRS435GGF+pRS434GAP-HMG1 | Sc A451 | YM | 30 | 168 | 0.929 |
| | pRS435GGF+pRS434GAP-HMG1 | Sc A451 | YMO | 30 | 96 | 0.362 |
| | pRS435GGF+pRS434GAP-HMG1 | Sc A451 | YMO | 30 | 168 | 1.01 |
| | pRS435GGF | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 0.458 |
| | pRS435GGF | Sc YPH499 | YM | 30 | 168 | 0.371 |
| | pRS435GGF | Sc YPH499 | YMO | 30 | 96 | 1.49 |
| | pRS435GGF | Sc YPH499 | YMO | 30 | 168 | 2.92 |
| | pRS445GGF | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 0.317 |
| | pRS435GGF+pRS434GAP-HMG1 | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 2.10 |
| | pRS435GGF+pRS434GAP-HMG1 | Sc YPH499 | YM | 30 | 168 | 1.28 |
| | pRS435GGF+pRS434GAP-HMG1 | Sc YPH499 | YMO | 30 | 96 | 2.46 |
| | pRS435GGF+pRS434GAP-HMG1 | Sc YPH499 | YMO | 30 | 168 | 5.66 |
| | pRS445GGF+pRS434GAP-HMG1 | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 1.01 |
| | pRS435GGF | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 5.20 |
| | pRS435GGF | Sc EUG5 | YM | 30 | 168 | 7.32 |
| | pRS435GGF | Sc EUG5 | YMO | 30 | 96 | 1.20 |
| | pRS435GGF | Sc EUG5 | YMO | 30 | 168 | 10.1 |
| | pRS445GGF | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.661 |
| | pRS435GGF | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 4.67 |
| | pRS435GGF | Sc EUG12 | YM | 30 | 168 | 1.18 |
| | pRS435GGF | Sc EUG12 | YMO | 30 | 96 | 2.38 |
| | pRS435GGF | Sc EUG12 | YMO | 30 | 168 | 5.02 |
| | pRS445GGF | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 3.25 |
| 435FGGHDEL | pRS435FGGHDEL | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 0.121 |
| | pRS445FGGHDEL | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 0.066 |
| | pRS435FGGHDEL+pRS434GAP-HMG1 | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 0.294 |
| | pRS445FGGHDEL+pRS434GAP-HMG1 | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 0.385 |
| | pRS435FGGHDEL | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.786 |
| | pRS445FGGHDEL | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.504 |
| | pRS435FGGHDEL | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 2.41 |
| | pRS435FGGHDEL | Sc EUG12 | YM | 30 | 168 | 1.43 |
| | pRS445FGGHDEL | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.521 |
| 435GGFHDEL | pRS435GGFHDEL | Sc A451 | YM | 30 | 96 | 0.072 |
| | pRS435GGFHDEL | Sc A451 | YMO | 30 | 96 | 0.126 |
| | pRS435GGFHDEL+pRS434GAP-HMG1 | Sc A451 | YM | 30 | 96 | 0.540 |
| | pRS435GGFHDEL+pRS434GAP-HMG1 | Sc A451 | YM | 30 | 168 | 0.760 |
| | pRS435GGFHDEL+pRS434GAP-HMG1 | Sc A451 | YMO | 30 | 96 | 0.414 |
| | pRS435GGFHDEL+pRS434GAP-HMG1 | Sc A451 | YMO | 30 | 168 | 3.49 |
| | pRS435GGFHDEL | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 0.805 |
| | pRS435GGFHDEL | Sc YPH499 | YM | 30 | 168 | 0.541 |
| | pRS435GGFHDEL | Sc YPH499 | YMO | 30 | 96 | 1.69 |
| | pRS435GGFHDEL | Sc YPH499 | YMO | 30 | 96 | 1.69 |

| | | | | | | |
|------------------------|------------------------------|-----------|-----|----|-----|-------|
| | pRS435GGFHDEL | Sc YPH499 | YMO | 30 | 168 | 2.50 |
| | pRS435GGFHDEL+pRS434GAP-HMG1 | Sc YPH499 | YM | 30 | 96 | 1.90 |
| | pRS435GGFHDEL+pRS434GAP-HMG1 | Sc YPH499 | YM | 30 | 168 | 2.45 |
| | pRS435GGFHDEL+pRS434GAP-HMG1 | Sc YPH499 | YMO | 30 | 96 | 2.60 |
| | pRS435GGFHDEL | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 5.78 |
| | pRS435GGFHDEL | Sc EUG5 | YM | 30 | 168 | 6.99 |
| | pRS435GGFHDEL | Sc EUG5 | YMO | 30 | 96 | 3.97 |
| | pRS435GGFHDEL | Sc EUG5 | YMO | 30 | 168 | 10.6 |
| | pRS435GGFHDEL | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 3.00 |
| | pRS435GGFHDEL | Sc EUG12 | YM | 30 | 168 | 1.43 |
| | pRS435GGFHDEL | Sc EUG12 | YMO | 30 | 96 | 2.33 |
| | pRS435GGFHDEL | Sc EUG12 | YMO | 30 | 168 | 5.78 |
| EUG(ERG9p::URA3-GAL1p) | | | | | | |
| - | | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.179 |
| - | | Sc EUG5 | YM | 30 | 168 | 0.230 |
| - | | Sc EUG5 | YMO | 30 | 96 | 0.232 |
| HMG1 Δ | pRS434GAP-HMG026 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.093 |
| | pRS434GAP-HMG044 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.087 |
| | pRS434GAP-HMG056 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.106 |
| | pRS434GAP-HMG062 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.132 |
| | pRS434GAP-HMG076 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.148 |
| | pRS434GAP-HMG081 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.140 |
| | pRS434GAP-HMG100 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.184 |
| | pRS434GAP-HMG112 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.340 |
| | pRS434GAP-HMG122 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.127 |
| | pRS434GAP-HMG133 | Sc EUG5 | YM | 30 | 96 | 0.714 |
| HMG1 | pRS434GAP-HMG1 | Sc EUG8 | YM | 30 | 96 | 0.074 |
| BTS1 | pRS435GAP-BTS1 | Sc EUG8 | YM | 30 | 96 | 1.42 |
| | pRS445GAP-BTS1 | Sc EUG8 | YM | 30 | 96 | 0.067 |
| | | Sc EUG12 | YM | 30 | 72 | 0.081 |
| - | | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.194 |
| - | | Sc EUG12 | YM | 30 | 168 | 0.335 |
| HMG1 | pRS434GAP-HMG1 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.705 |
| | pRS444GAP-HMG1 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 2.05 |
| ERG20 | pRS435GAP-ERG20 | Sc EUG12 | YM | 30 | 72 | 6.63 |
| | pRS435GAP-ERG20 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.260 |
| | pRS445GAP-ERG20 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.381 |
| BTS1 | pRS435GAP-BTS1 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 1.75 |
| | pRS445GAP-BTS1 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 3.20 |
| HMG1 Δ | pRS434GAP-HMG026 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.629 |
| | pRS434GAP-HMG044 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.428 |
| | pRS434GAP-HMG056 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.402 |
| | pRS434GAP-HMG062 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.445 |
| | pRS434GAP-HMG076 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.479 |
| | pRS434GAP-HMG081 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.488 |
| | pRS434GAP-HMG100 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.440 |
| | pRS434GAP-HMG112 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.534 |
| | pRS434GAP-HMG122 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.499 |
| | pRS434GAP-HMG133 | Sc EUG12 | YM | 30 | 96 | 0.440 |
| | | Sc EUG27 | YM | 30 | 96 | 0.053 |
| | | Sc EUG27 | YM | 30 | 96 | 0.723 |
| HMG1 | pRS434GAP-HMG1 | Sc EUG27 | YM | 30 | 96 | 0.205 |
| ERG20 | pRS435GAP-ERG20 | Sc EUG27 | YM | 30 | 96 | 0.661 |
| | pRS445GAP-ERG20 | Sc EUG27 | YM | 30 | 96 | 0.297 |
| BTS1 | pRS435GAP-BTS1 | Sc EUG27 | YM | 30 | 96 | 0.761 |
| | pRS445GAP-BTS1 | Sc EUG27 | YM | 30 | 96 | 0.595 |

(4-2) A451 での *ERG20*、*BTS1* 発現

融合遺伝子を A451 で発現させたときのプレニルアルコールの生産量の変化を図 25 に示す。図 25 において、435GGF は pRS435GGF を示し、435GGFHDE

L は pRS435GGFHDEL を示した（以下同様）。OD₆₀₀ は 600nm の吸光度を示す。図 25 には、融合遺伝子でない *BTS1* 遺伝子を組み込んだ発現ベクターを A451 に導入した時の結果（435GG）も示した。

pRS445GAP-BTS1（図中では「445GG/A451」と表記）を導入したときにおいても、平均 0.44 mg/l の GGOH 生産量が認められた。

(4-3) YPH499 での *ERG20*、*BTS1* 発現

融合遺伝子を YPH499 で発現させたときの GGOH の生産量の変化を図 26 に示す。図 26 において、499 は YPH499 を示し、435GGF は pRS435GGF を、445GGFFHDEL は pRS445GGFHDEL を示す（以下同様）。図 26 には、融合遺伝子でない *BTS1* 遺伝子を組み込んだ発現ベクターを YPH499 に導入した時の結果とあわせて示した。

pRS435GAP-BTS1 導入（図中では「435GG/499」と表記）で平均 0.11 mg/l の GGOH 生産量が認められ、*ERG20* と *BTS1* 融合遺伝子を組み込んだ pRS435FGG（図中では「435FGG/499」と表記）導入で平均 0.20 mg/l の GGOH、pRS435GGF（図中では「435GGF/499」と表記）導入で平均 0.39 mg/l の GGOH、pRS35GGFHDEL（図中では「435GGFHDEL/499」と表記）導入で平均 0.62 mg/l の GGOH 生産が認められ、融合遺伝子や HDEL 配列による GGOH 生産性向上の効果がみられた。

(4-4) YPH499 での *HMG1*、*ERG20*、*BTS1* 発現

本発明者は、YPH499 において、*HMG1* 発現ベクターを導入した株 pRS434GAP-HMG1/YPH499(YH1)と pRS434TEF-HMG1/YPH499 を宿主にして、*HMG1* との共発現により GGOH をより多く生産する株が得られるかもしれないと考えた。

既に作製した pRS434TEF-HMG1 を YPH499 へ導入した株を宿主にして、融合遺伝子でない *ERG20* や *BTS1* 遺伝子を組み込んだ発現ベクターをさらに導入した時のプレニルアルコール生産量を図 27 に示す。図 27 において、434TEFp-HMG1 は pRS434TEF-HMG1 を導入した株を表す。*TEFp* は *TEF2* 遺伝子の転写プロモーターである。499 は YPH499 を示し、435F は pRS435GGF を、445F は pRS445GGF を示した（以下同様）。*BTS1* 単独導入では GGOH 生産量が 0.11 mg/l であった。これに対し、*TEF2p*-*HMG1* 導入株を宿主として *BTS1* 発現

ベクターを導入すると、GGOH 生産量が平均 0.40 mg/l になり（図中、435GG & 434TEFp-HMG1/499）、*GAPp-HMG1* 導入株を宿主として *BTS1* 発現ベクターを導入すると、GGOH は 0.49 mg/l 生産された（図中、435GG & 434GAPp-HMG1/499）。従って、HMG-CoA 還元酵素遺伝子とプレニルニリン酸合成酵素遺伝子との共発現によるプレニルアルコール大量生産系の可能性が示された。

次に、*GAPp-HMG1* を導入した YH1 (pRS434GAP-HMG1/ YPH499)を宿主として、本発明において作製した *ERG20-BTS1* 融合遺伝子や HDEL シグナルを含んだ遺伝子を *TDH3* 転写プロモーター *GAPp(TDH3p)*により発現させたときのプレニルアルコール生産量を測定した。

結果を図 28 に示す。図 28 において、434GAPp-HMG1 は pRS434GAP-HMG1 を導入した株を表す。*GAPp* は *TDH3* 遺伝子の転写プロモーターである。HDEL シグナルを導入したプレニルニリン酸合成酵素遺伝子と *HMG1* とを共発現させ、さらに、*ERG20-BTS1* 融合遺伝子導入により GGOH の生産性が向上した。特に pRS435GGF や pRS435GGFHDEL 導入株で顕著であり、平均でそれぞれ 1.55 mg/l、1.50 mg/l の GGOH 生産を記録した（図中、435GGF & 434GAPp-HMG1/499、435GGFHDEL & 434GAPp-HMG1/499）。

(4-5) 大豆油含有培地でのプレニルアルコール生産性

次に、本発明で作製した GGOH 生産株である *ERG20-BTS1* 融合遺伝子導入株を YM7(YM, pH7)培地と YMO(YM7, 0.1% アデカノール LG109, 1% soybean oil)培地で 4 日から 7 日培養し、プレニルアルコール生産量を測定した。A451 系統の株を宿主としたときの結果を図 29A、29B に示し、YPH499 系統の株を宿主としたときの結果を図 30A、30B に示した。図 29A、29B において、AH1 は pRS434GAPp-HMG1/A451、GGFHDEL は pRS435GGFHDEL を示す。「-1」は 4 日培養後の生産量、「-2」は 7 日培養後の生産量を示す。YMO 培地では大豆油懸濁のため菌体量を細胞数で示した。「 10^3 cell/ul」は 1 マイクロリットルあたりの細胞数を 1000 で割った値を示す。

pRS435GGF/ A451 は、YM7 培地で 7 日培養したときの生産量（図 29A、上パネル GGF/A451 -2）が平均 0.26 mg/l GGOH であったのに対し、YMO 培地中では平均 0.98 mg/l（図 29B、上パネルの GGF/A451 -2）と生産量が増加した。pRS434GAP-HMG1 を A451 に導入した AH1 株を宿主にしたときでも、pRS43

5GGFHDELを導入した場合は、平均 2.5 mg/l の GGOH を生産し（図 29B、中央パネル、GGFHDEL/AH1 -2）、最大で 3.5 mg/l の GGOH を記録した（表 11、遺伝子名 435GGFHDEL の項）。A451 株の *ERG9* の転写プロモーターを *GAL1* 転写プロモーターで置換した EUG5（実施例 6 参照）を宿主にした場合でも、pRS435GGF 導入により、YM7 培地、7 日間培養で平均 6.6 mg/l GGOH であったものが（図 29A、下パネルの GGF/EUG5 -2）、YMO 培地で培養すると平均 9.6 mg/l の GGOH を生産するようになった（図 29B、下パネルの GGF/EUG5 -2）。

YMO 培地による GGOH 生産性向上は YPH499 系統の株を宿主にしたときにも観察され（図 30A、30B）、pRS435GGF を導入した YPH499 を YM7 で 7 日間培養したときに平均 0.19 mg/l であったものが（図 30A、上パネルの GGF/YPH499 -2）、YMO 培地では平均 2.5 mg/l の GGOH を生産した（図 30B、上パネルの GGF/YPH499 -2）。さらに *HMG1* を共発現する YH1 株に pRS435GGF や pRS435GGFHDEL を導入したものを YMO 培地で培養すると、7 日培養後どちらも平均 5.6 mg/l の GGOH を生産した（図 30B、中央パネルの GGF/YH1 -2, GGFHDEL/YH1 -2）。EUG5 と同様にして YPH499 から作製した EUG12 株（実施例 6 参照）を宿主にしたときには、pRS435GGF や pRS435GGFHDEL 導入株で 3.7-4.0mg/l 程度の GGOH を生産した。従って、YPH499 株では、*HMG1* とプレニルニリン酸合成酵素遺伝子との組合せで GGOH の生産性向上が見込める事が示された。

〔実施例 11〕 各グルコース-ガラクトース糖組成培地によるプレニルアルコール生産への影響

(1) ベクターの宿主への導入及び培養

本実施例では、各グルコース(Glc)-ガラクトース(Gal)糖組成変化により出芽酵母のプレニルアルコール生産がどう変わるかを確認する。併せて、*BTS1-ERG20* 融合遺伝子発現によるプレニルアルコール生産への効果も調べる。

Zymo Research (Orange, CA) より購入した Frozen EZ yeast transformation II kit を用いて酵母にベクターの導入を行った。*ERG20*、*BTS1* 融合遺伝子発現ベクターとして pRS435GGF、pRS435GGFHDEL を用いた。また、宿主と

して A451、YPH499、AH1、YH1、EUG5、EUG12 を用いた。形質転換体は、SGR 培地をベースにして適宜栄養要求性を指標とした選択培地寒天プレート上で生育させた。クローン化のため、選択培地寒天プレート培養は 2 回行った。

作製した形質転換体を SGR 選択培地で前培養し、0.01-0.05ml の前培養液を 1-5ml の YM7 にそれぞれ加え、18mm 径の試験管で 30℃、130r.p.m. の往復振盪培養条件で培養した。YM7 培地の糖成分 (Glc と Gal との組成比) として、0% Glc-100% Gal、20% Glc-80% Gal、50% Glc-50% Gal、75% Glc-25% Gal、100% Glc-0% Gal の組成の各培地を作製し、これらの培地でまず 30℃、130r.p.m. の往復振盪培養条件で培養した。2 日培養後、終濃度 5% になるように Glc をさらに加え、培養を 7 日目まで継続した。

(2) 結果

(2-1) A451 の GGOH 生産

A451 に pRS435GGF、pRS435GGFHDEL を導入したときの GGOH 生産の結果を図 31A-C に示す。この場合は、GGOH はほとんど検出されなかった。特徴的なのは、pRS435GGFHDEL/A451 を 4 日培養したところ、初期条件 20% Glc で GGOH 生産量が最大値 (平均 0.56mg/l) をとったことである。

(2-2) AH1 の GGOH 生産

AH1 に pRS435GGF、pRS435GGFHDEL を導入したときの GGOH 生産の結果を図 32A-C に示す。BTS1-ERG20 融合遺伝子を導入した AH1 でも、GGOH 生産量は、2-4 日培養の場合は初期条件 20% Glc のときに GGOH の生産量が最大となり (3.32mg/l)、7 日培養の場合は初期条件 50-80% Glc のときに GGOH の生産量が最大となった (平均 4.13mg/l)。

(2-3) EUG5 の GGOH 生産

EUG5 に pRS435GGF、pRS435GGFHDEL を導入したときの GGOH 生産の結果を図 33A-C に示す。pRS435GGF 導入株及び pRS435GGFHDEL 導入株のいずれの場合も、2-4 日の培養、初期条件 20-80% Glc が良好であった。

(2-4) YPH499 の GGOH 生産

YPH499 に pRS435GGF、pRS435GGFHDEL を導入したときのブレニルアルコール生産の結果を図 34A-C に示す。この場合は、A451 を用いたときと同様、

GGOH はほとんど検出されなかった。

(2-5) YH1 の GGOH 生産

YH1 に pRS435GGF、pRS435GGFHDEL を導入したときのプレニルアルコール生産の結果を図 35A-C に示す。7 日培養では、初期条件 100%Glc のときに GGOH の生産量が高かった。

(2-6) EUG12 の GGOH 生産

EUG12 に pRS435GGF、pRS435GGFHDEL を導入したときのプレニルアルコール生産の結果を図 36A-C に示す。初期条件 20%Glc のときに、いずれの場合（宿主、発現ベクター）でも高いプレニルアルコールの生産性を示した。pRS435GGF/EUG12 の初期条件 20%Glc、4 日培養の場合は、菌体が $OD_{600}=1.1$ に相当する量であるのに対し、7.6mg/l FOH、5.4mg/l GGOH の生産性があった。これは、菌体あたりの生産性としては非常に効率が良いと考えられる。

〔実施例 12〕 pRS435GGF/ YH1 及び 15-2 のジャーファーメンター培養

(1) pRS435GGF/ YH1

GGOH を大量に生産するため、GGOH を優先的に 5.6 mg/l 生産した pRS435GGF/YH1 株（実施例 10 参照）を、以下の条件でジャーファーメンターを用いて培養した。

<ファーメンター培地>

5 % グルコース（YM 中に 1 % グルコースが含まれており、終濃度 6 % になる）

YM broth（Difco 製）

3 % 大豆油（ナカライテスク製）

0.1 % アデカノール LG109（旭電化製）

<運転条件>

培養装置：MSJ-U 10L 培養装置（丸菱バイオエンジ）

培地量：5L

培養温度：33℃

通気量：1 vvm

アジテーション：300rpm

pH: 4 N 水酸化ナトリウム溶液及び 2 N 塩酸溶液を用い、以下のパラメータで pH を比例制御

| | |
|--------------------|--------|
| Proportional Band | 1.00 |
| Non Sensitive Band | 0.15 |
| Control Period | 16 Sec |
| Full Stroke | 1 Sec |
| Minimun Stroke | 0 Sec |

この結果、pRS435GGF/YH1 株において、115 時間培養後に GGOH を 128 mg/l 生産させることができた。このときスクアレン(SQ)は 15 mg/l、FOH は 5 mg/l、ネロリドール (NOH) はほとんど 0 であり、GGOH のみを大量に醗酵生産する系を作製することができた (図 37)。

(2) 15-2

実施例 7 に記載の 15-2 株(pYHMG044 を保持する AURGG101 株)を GSM-URA(BIO101 製)及び DOB(BIO101 製)培地(200ml/500ml バッフル付き三角フラスコ)にスラントより植菌し、30℃、130rpm で 2 日間培養した。次に、培養液に含まれているグルコースを完全に除くため、遠心(1500rpm、5 分、4℃)及び滅菌した生理食塩水による洗浄を 3 回繰り返した。その後、50ml の前培養液を用いて上記(1)pRS35GGF/YH1 と同様の条件でジャーフェメンターで培養した。ただし、用いた培地は以下の培地で温度は 26℃で培養した。

<ジャーフェメンター培地>

5 % ガラクトース (YM 中に 1 % グルコースが含まれており、終濃度 6 % になる)

YMB without Amino Acids (Difco 製)

1% 大豆油 (ナカライテスク製)

0.1% アデカノール LG109 (旭電化製)

この結果 15-2 株において、150 時間培養後に GGOH を 3mg/l 以上 生産させることができた。(図 38)。

〔実施例 13〕 融合遺伝子の発現

pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を導入した細胞が融合遺伝子産物として計画どおりに発現しているかどうかを確かめるために、転写産物解析および翻訳産物解析をノーザンブロットハイブリダイゼーション法とウェスタンブロット法により行った。

(1) ノーザンブロットハイブリダイゼーション

YPH499 に pRS435GGF、pRS435GGFHDEL を導入した組換え体、YH1 に pRS435GGF、pRS435GGFHDEL を導入した組換え体におけるノーザンブロットハイブリダイゼーション法による転写産物解析結果を図 39 に示す。用いたプローブは、 α -チューブリンをコードする *TUB1* 遺伝子コード領域中の DNA 断片、実施例 7 表 7 記載の *ERG20* プローブ、*BTS1* プローブ、*HMG1* プローブを用いた。*TUB1* プローブは次のオリゴヌクレオチド TUB1f-2 と TUB1r-2 を用いて実施例 7 と同様に作製し、RNA 調製、ノーザンブロット、ハイブリダイゼーション条件も実施例 7 と同様にして行った。

TUB1f-2: 5'-ACG GTA AGA AAT CCA AGC-3' (配列番号 119)

TUB1r-2: 5'-TAT GAG TCG GCA CCC ACT-3' (配列番号 120)

図 39 中「-」はプレニルニリン酸合成酵素を保持するプラスミドを導入していない細胞由来の RNA サンプル、「GGF」は pRS435GGF を導入した組換え体由来の RNA サンプル、「HDEL」は pRS435GGFHDEL を導入した組換え体由来の RNA サンプル、「HMG1」は YH1 株を宿主にした組換え体由来の RNA サンプルを示す。プローブ *TUB1* (チューブリン α 遺伝子) の結果から調製した全てのサンプルについてほぼ同一量のメッセンジャー RNA が得られていることがわかる。プローブ *ERG20*、プローブ *BTS1* で過剰発現している共通の 3.1 kb バンドが検出されており融合遺伝子の転写が効率良く行われていることを示している。プローブ *ERG20* で検出された 1.8 kb のバンドはゲノム中の野生型 *ERG20* 遺伝子転写産物と考えられる。プローブ *HMG1* の結果からは、pRS434GAP-HMG1 をあらかじめ導入してある株 (YH1 由来株、図 39 中「HMG1」で示したレーン)

では全て 4.1 kb の大量のプラスミド由来の *HMG1* 転写産物である RNA が検出され、プレニルニリン酸合成酵素発現プラスミドを第 2 のプラスミドとしてさらに導入しても *HMG1* の転写が効率良く行われていることを示している。

(2)ウェスタンブロット

ERG20 および BTS1 がコードするポリペプチドの C 末端配列にしたがって下記のアミノ酸配列を持つポリペプチドを化学合成し、これを抗原として定法 (F. M. Ausubel *et al.* Ed, "Short Protocols in Molecular Biology, Fourth Edition" (1999) John Wiley & Sons, Inc., New York などの一般的な実験書に記載) に従ってマウス抗体を作成した。下記ペプチドは 2mg を用い、KLH (Keyhole Limpet Hemocyanin) に架橋し抗原として用いた。

BTS1-C: NH₂ Cys Tyr Ile Ile Asp His Leu Ser Glu Leu COOH (配列番号 121)

ERG20-C: NH₂ Cys Leu Asn Lys Val Tyr Lys Arg Ser Lys COOH (配列番号 122)

YPH499、pRS435F/ YPH499、pRS435GGF/ YPH499、pRS435FGG/ YPH499、pRS435GGFHDEL/ YPH499、pRS435GGF/ YH1 の 6 株から次のようにして蛋白質を調製し、ウェスタンブロット解析を行った。各菌体は、選択培地 (YPH499 には SD 培地 DOB (ドロップアウトベース: グルコースを炭素源とする最少培地) にアミノ酸または核酸成分として CSM (コンプリートサプリメントミックスチャー) を加えたもの)、pRS435F/ YPH499 には SD-L (SD 培地から Leu を除いたもの) 培地、pRS435GGF/ YPH499 には SD-L 培地、pRS435FGG/ YPH499 には SD-L 培地、pRS435GGFHDEL/ YPH499 には SD-L 培地、pRS435GGF/ YH1 には SD-LW (SD 培地から Leu、Trp を除いたもの) 培地を使用) に前培養溶液 (600nm での吸光度を測定し、菌量が等量となる様に生理食塩水で希釈したもの) を接種し、30℃、130r.p.m. で 4 日間振とう培養した。遠心機を用いて集菌後、菌体湿重量 1 g あたり 2ml の Y-PER (PIERCE, Rockford, IL) を添加し、室温で 1 時間激しく攪拌して全蛋白質溶液を調製した。得られた全蛋白質 20 μg

を SDS-ポリアクリルアミド電気泳動 (SDS-PAGE : 手順は Short Protocols in Molecular Biology, Fourth Edition (1999) John Wiley & Sons, Inc., New York) で分子量に従って分離し、ウェスタンブロット法 (Short Protocols in Molecular Biology, Fourth Edition (1999) John Wiley & Sons, Inc., New York) で組換え体に導入した遺伝子の発現状況を確認した。なお今回実施のウェスタンブロット法では、以下の点を定法から改変した。

1) PVDF 膜の一次抗体処理条件

定法で PVDF 膜は、一次抗体の TBST10-1000 倍希釈溶液中で 30-60 分振盪。

改変後は上述の抗ペプチド抗体の TBST2000 倍希釈溶液中で 60 分振盪。

2) PVDF 膜の洗浄条件

定法では 200ml の TBST 溶液で 15 分間ずつ 4 回洗浄。

改変後は 80ml の TBST 溶液で 5 分間ずつ 5 回洗浄。

3) PVDF 膜の二次抗体処理

定法では抗 IgG (H+L) アルカリフォスファターゼコンジュゲートをブロッッキング溶液で 200-2000 倍に希釈し、PVDF 膜を浸し 30-60 分振盪。

改変後は、PVDF 膜を抗マウス IgG (H+L) アルカリフォスファターゼの TBST4000 倍希釈溶液に浸し、30 分振盪。

4) 抗原蛋白質のバンド検出法

定法では TBST、TBS で洗浄した PVDF 膜を BCIP (4-bromo-4-chloro-3-indolyl-phosphate)、NBT (nitro blue tetrazolium) 混液に 30 分間浸漬し、発色。

改変後は、TBST、TBS で洗浄した PVDF 膜を ProtoBlot II AP System with Stabilized Substrate・Mouse 溶液 (Promega, Madison, WI) に 20-40 秒浸漬し、発色。

ウェスタンブロット解析の結果を図 40 に示す。図 40 中「M」は分子量マーカー、「F」「GGF」「FGG」「GGFHDEL」「GGF/YH1」はそれぞれ「pRS435F/YPH499」「pRS435GGF/YPH499」「pRS435FGG/YPH499」「pRS435GGFHDEL/YPH499」「pRS435GGF/YH1」由来の蛋白質を電気泳動したレーンを示す。

BTS1 がコードするポリペプチドを検出する抗 *BTS1*-C マウス抗体を用いた場合、約 79kDa の融合蛋白質 (GGF、FGG および GGFHDEL) に相当するポリペプチドが検出された (図 40 中白抜き三角で示した移動度のバンド)。この結果から、pRS435GGF、pRS435GGFHDEL を導入した組換え体において *ERG20-BTS1* 融合遺伝子由来の FPP 合成酵素-GGPS 合成酵素融合蛋白質が実際に発現していることがわかった。また YPH499 由来の蛋白質でも検出されたバンドが無いことから、非組換え細胞では *BTS1* 遺伝子にコードされた GGPP 合成酵素は発現量が微量だと言うことが予想された。

pRS435F 導入株 (レーン「F」) では *ERG20* がコードするポリペプチドを検出する抗 *ERG20*-C マウス抗体で *ERG20* がコードしている FPP 合成酵素に相当する分子量 (約 40kDa) を示す蛋白質の発現量が増加していることが示され (図中黒三角で示した移動度のバンド)、pRS435GGF 導入株 (レーン「GGF」) と pRS435GGFHDEL (レーン「GGFHDEL」) 導入株では融合蛋白質 (GGF および GGFHDEL) に相当するポリペプチドが検出された (図中白抜き三角で示した 79kDa に相当する移動度約を示したバンド)。抗 *ERG20*-C 抗体では、pRS435FGG 導入株で発現しているであろう融合遺伝子が検出されていないが、これは FPP 合成酵素の C 末端側に GGPP 合成酵素を融合させているため、FPP 合成酵素の C 末端側を認識する抗 *ERG20*-C 抗体がうまく融合酵素を認識できなかったことが原因と考えられる。抗 *ERG20*-C 抗体で検出されたその他のバンドのうち、約 45kDa のバンドは、非特異的に検出された蛋白質と予想され、40kDa 未満のバンドは、非特異的に検出された蛋白質または *ERG20* 遺伝子がコードするアミノ酸配列を含んだ蛋白質の分解産物と予想される。

〔実施例 14〕 HMG-CoA 還元酵素遺伝子と GGF 融合遺伝子とを共発現させたときの GGOH 生産

HMG-CoA 還元酵素遺伝子と、GGPP 合成酵素-FPP 合成酵素融合蛋白質遺伝子である *BTS1-ERG20* 融合遺伝子の発現を強化すれば、YPH499 (ATCC76625, *MATa ura3-52 lys2-801 ade2-101 trp1Δ63 his3Δ200 leu2Δ1*) 以外の株でも工業的に有用な GGOH 生産株が得られるかどうかを確認するために、以下の株を

宿主に用いて pRS434GAP-HMG1 と pRS435GGF と pRS435GGFHDEL を順次導入した。

INVSc1 (*MATa/MAT α ura3-52/ura3-52 trp1-289/trp1-289 his3 Δ 1/his3 Δ 1 leu2/leu2*)

YPH500 (ATCC76626, *MAT α ura3-52 lys2-801 ade2-101 trp1 Δ 63 his3 Δ 200 leu2 Δ 1*)

YPH501 (ATCC76627, *MATa/MAT α ura3-52/ura3-52 lys2-801/lys2-801 ade2-101/ade2-101 trp1 Δ 63/trp1- Δ 63 his3 Δ 200/his3 Δ 200 leu2 Δ 1/leu2 Δ 1*)

W303-1A (ATCC208352, *MATa leu2-3 leu2-112 his3-11 ade2-1 ura3-1 trp1-1 can1-100*)

W303-1B (ATCC208353, *MAT α leu2-3 leu2-112 his3-11 ade2-1 ura3-1 trp1-1 can1-100*)

INVSc1、YPH500、YPH501、W303-1A、W303-1B に pRS434GAP-HMG1 を導入した株をそれぞれ、IH1、YH2、YH3、WH1、WH2 とした。これら IH1、YH2、YH3、WH1、WH2 を宿主とし pRS435GGF を導入し、GGF/IH1、GGF/YH2、GGF/YH3、GGF/WH1、GGF/WH2 を得、pRS435GGFHDEL を導入し、HDEL/IH1、HDEL/YH2、HDEL/YH3、HDEL/WH1、HDEL/WH2 を得た。得られた組換え体を YPDO7rich 培地で培養しプレニルアルコール生産性を測定した結果が図 41 である。どの組換え体でも GGOH を優先的に生産し、ほとんどの株で 100mg/l 以上の GGOH を生産しており、特に HDEL/YH2 株では最大で 189mg/l の GGOH を生産した。

〔実施例 15〕 HMG-CoA 還元酵素遺伝子と GGF 融合遺伝子との共発現株を prototroph 及び二倍体化したときの GGOH 生産

GGOH 生産株である GGF/YH1 をもとに、栄養要求性の原因となる変異型遺伝子を野生型遺伝子で置換し、さらに YPH500 由来株と接合させ原栄養体株 (prototroph ; 培地に特定の栄養が補給されなくても増殖できる株) かつ二倍体

化した GGF/YH3-AHKU 株を下記のようにして作製した。

(1) GGF/YH1 への *HIS3*, *ADE2* 導入と、YPH500 への *LYS2*, *URA3* 導入

制限酵素 *Pvu*II と *Xho*I で切断した pRS403GAP を鋳型にし *HIS3*-L (5' TTT TAA GAG CTT GGT GAG CGC 3' (配列番号 123)) と *HIS3*-R (5' TCG AGT TCA AGA GAA AAA AAA 3' (配列番号 124)) オリゴヌクレオチドをプライマーDNA に用いて次のような条件で PCR を行い *HIS3* 断片を調製した。

| | | |
|---------------------------------|------|---------|
| 0.1 μ g/L 鋳型 DNA | 1 | μ L |
| 100pmol プライマーDNA 1 | 1 | μ L |
| 100pmol プライマーDNA 2 | 1 | μ L |
| 10x Pyrobest バッファー | 10 | μ L |
| 2mM dNTPmix | 8 | μ L |
| 5u/ μ L Pyrobest DNA ポリメラーゼ | 0.5 | μ L |
| H ₂ O | 78.5 | μ L |

同様に、*Pvu*II と *Xho*I で消化した pRS406GAP を鋳型に用い、*URA3*-L (5' TTC AAT TCA TCA TTT TTT TTT 3' (配列番号 125)) と *URA3*-R (5' GGG TAA TAA CTG ATA TAA TTA 3' (配列番号 126)) とをプライマーDNA に用いて *URA3* 断片を調製した。

A451 ゲノム DNA を鋳型にし、*ADE*-1 (5' ATG GAT TCT AGA ACA GTT GGT 3' (配列番号 127)) と *ADE*-2 (5' TTA CTT GTT TTC TAG ATA AGC 3' (配列番号 128)) オリゴヌクレオチドをプライマーDNA に用い、または、*LYS*-1 (5' ATG ACT AAC GAA AAG GTC TGG 3' (配列番号 129)) と *LYS*-2 (5' TTA AGC TGC TGC GGA GCT TCC 3' (配列番号 130)) オリゴヌクレオチドをプライマーDNA に用いて同様の反応条件で *ADE2* 断片および *LYS2* 断片を調製した。調製した *HIS3* 断片と *ADE2* 断片を pRS435GGF/YH1 に順次導入し、ヒスチジン非要求性かつ、アデニン非要求性を表現型として示した pRS435GGF/YH1-AH を得、*LYS2* 断片と *URA3* 断片を YPH500 に順次導入し、リジン非要求性かつウラシル非要求性を表現型として示した YPH500-KU を得た。

(2) 接合

pRS435GGF/YH1-AH と YPH500-KU を YM 培地で 30℃ で培養後 DOB(drop out base) 寒天プレート培地に 2 株が交わるようにストリークし、30℃ で 3 日間インキュベートした。出現してきたコロニーをとり、前孢子形成プレート培地 (1.6g 酵母エキス, 0.6g ポリペプトン, 100 mL 20% グルコース, 4g 寒天/ 1L) 上で培養後、孢子形成プレート培地 (2g 酢酸カリウム, 0.2g 酵母エキス, 500 μ L 20% グルコース, 4g 寒天/ 1L) 上で培養後顕微鏡観察により孢子形成を確認した。最小培地である DOB プレート上で生育することにより原栄養株(prototroph)化を確認し、孢子形成培地上で孢子形成することにより二倍体(diploid)化を確認したクローンを GGF/YH3-AHKU とした。

【実施例 16】 Fed-Batch 培養による GGOH 生産(1)

GGF/YH3-AHKU を以下の条件でフェドバッチ (Fed-Batch) 培養し、GGOH 生産量を測定した。

(1) プレシード

培地組成は以下の通り。酵母エキス 5g/L, 麦芽エキス 5g/L, バクトペプトン 10g/L, グルコース 5g/L。

培地の pH は無調整とした。500ml 坂口フラスコに 50ml の培地を張り込み 120℃ で 20min 殺菌した。スラントより GGF/YH3-AHKU を一白金耳掻き取り、30℃、120rpm で往復振とう培養した。培養は 24 時間とした。OD (26 倍希釈、562nm) は 0.4 に達した。

(2) シード

培地組成は以下の通り。グルコース 20g/L, 豆濃 (味の素株式会社製) 310mg/L (総窒素量として), KH_2PO_4 3g/L, MgSO_4 0.5g/L, 硫酸アンモニウム 5g/L, CaCl_2 0.5g/L, 消泡剤 0.1ml/L。豆濃中の総窒素濃度が 63g/L である場合、豆濃自体の添加液量は 4.9ml/L となる。

培地成分を完全に溶解させた後、KOH 溶液にて pH を 5.0 に調整し、液量を合わせた後、120℃で 20min 殺菌した。

培養には、1 リットル容ミニジャーを使用した。300ml 張り込みで、プレシード接種ボリュームは 0.06~1ml とした。プレシードを接種する前に、培地の pH を 5.5 に合わせた。通気は 1/2vvm とし、温度は 30℃に設定した。pH は 5.5 にアンモニアでコントロールした。攪拌は 500rpm でスタートし、溶存酸素 (DO) >20% となるようにカスケード制御を行った。PH が上昇した時点でシードを修了した。OD (51 倍希釈、562nm) は 0.18~0.2 に到達した。なお溶存酸素は、飽和時を 100%として算出した値である。

(3) メイン

培地組成は表 12 の通り。全容に対し、A 区、B 区、C 区、D 区はそれぞれ 20%、20%、30%、20%の液量にフィルアップした。コーンステープリカー (CSL) は硫酸で pH を 2.0 にあわせた後、80℃で一時間、予殺を行った。また添加濃度は総窒素量を基準とし、CSL 濃度の総窒素量は 31.4g/L だった。それぞれ 120℃、20min で殺菌した後混合し、液量を補正した後ベッセルに投入した。

表 12

| 組成 | 濃度 | 区分 |
|--------------------------------------|--------------------------|-----|
| グルコース | 2g/l | A 区 |
| MgSO ₄ | 1.7g/l | B 区 |
| 硫安 | 3g/l | |
| KH ₂ PO ₄ | 10g/l | |
| CSL | 2.3g/l | C 区 |
| 消泡剤 | 0.26ml/l | |
| H ₂ SO ₄ 予殺 | pH = 2.0 80℃ × 60 min | |
| CaCl ₂ | 0.7g/l | D 区 |

培養には 1 リットル容ミニジャーを使用した。10%シードで、300ml 張り込みした。殺菌後培地の pH は 2.6 程度であったので、シード接種前に pH を上げた。通気は 1/2vvm、温度は 30℃とし、pH は 5.5 にアンモニアで制御した。攪拌は 500rpm よりスタートし、DO>20%のカスケード制御を行った。グルコースフィ

ードは培養 2 時間目より図 42 に示したように、随時流速を上げていく形で行った。最大流速は 3.5ml/hr、約 5.8g/l/hr グルコース相当とした。DO>20%を制御値とし、攪拌による溶存酸素確保が困難な場合、通気量を増加して対応した。培養約 20 時間でフィード設定量が投入され、この時の到達 OD (101 倍希釈、562nm) は 0.9~1.0 であった。

以降、培養条件に応じてフィードその他のパラメーターを変更した。

(4) 培養条件検討

培養 20 時間目までは同一条件下で菌体を形成させておき、以降グルコース、エタノールの GGOH 生成に与える影響について検討した。

400g/l のエタノール (区分 1) と 500g/l のグルコース液 (区分 2) とをフィードした。さらに区分 1 のエタノール溶液と区分 2 のグルコース液とを 1:1 に混合して区分 3 とした。フィード流速は 3.5ml/hr を最大とし、いずれの区分においても培養液中の基質濃度が 1.0g/l 以下になるよう、流速を調整した。生成した GGOH 蓄積量を表 13 に示す。エタノールを炭素源としてフィードすることによって、GGOH 蓄積量が増加することが判明した。

表 13

| | GGOH 蓄積量 (g/l) |
|------|----------------|
| 区分 1 | 1. 16 |
| 区分 2 | 0. 47 |
| 区分 3 | 0. 58 |

〔実施例 17〕 Fed-Batch 培養による GGOH 生産(2)

200ml の DOB (dropout base) グルコース最少培地 (Q-BIOgene, Carlsbad, CA) に GGF/YH3-AHKU 株を植菌し、30℃、3 日間回転培養した。次に、0.09% グルコース、0.075% KH_2PO_4 、0.14% 硫酸マグネシウム、0.45% 硫酸アンモニウム、5.4% コーンステープリカー、0.031% 塩化カルシウム、0.15% アデカノール LG109 (旭電化) を含む 3.35L の培地 (アンモニア水で pH5.5 に調整しておく) に全量を植菌し以下の条件で培養を行った。培養は、バッチ (Jar1, Jar2, Jar3) で行った。

培養装置：MSJ-U2W（10L ファーマンター）（丸菱バイオエンジ，東京都千代田区）

培養温度：33℃

通気量：0.74 vvm

攪拌速度：900 rpm

pH5.5（4N 水酸化ナトリウム溶液と 2N 硫酸溶液で調整）

4 時間培養の後、40% グルコース溶液のフィードを開始した。21 時間培養後 Jar2 はフィード液を 40% グルコース、3.3% 酢酸アンモニウム溶液に切り替え、Jar3 はフィード液を 1.65% 酢酸アンモニウム、50% エタノール、20% グルコース溶液に切り替え、さらに培養を続けた。適宜培養液を無菌的に抜き取りプレニルアルコールを実施例 8 と同様に分析、定量した。培地中の糖濃度が 0.1% 以下になるようにフィードレートを調整した（最大 18.7 g/h）。

この結果、FOH の生成を最小限にし、効率的に微生物による GGOH 生産が可能であることが示された（表 14）。グルコースに加えて、エタノール、酢酸アンモニウムをフィードすることにより培養液中の GGOH 濃度は 2.5g/l に達した。

表 14

| | | | | | | | |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Jar1 (フィード液:40%グルコース) | | | | | | | |
| 培養時間 (h) | 0 | 21 | 45 | 69 | 93 | 117 | 165 |
| FOH (mg/L) | 0.0 | 2.0 | 1.0 | 8.0 | 19 | 24 | 23 |
| GGOH (mg/L) | 0.0 | 27 | 35 | 190 | 660 | 840 | 890 |
| OD600 | 0.0 | 52 | 86 | 93 | 120 | 120 | 110 |
| Jar2 (フィード液:40%グルコース、3.3% 酢酸アンモニウム) | | | | | | | |
| 培養時間 (h) | 0 | 21 | 45 | 69 | 93 | 117 | 165 |
| FOH (mg/L) | 0.0 | 1.0 | 1.0 | 1.0 | 0.3 | 0.8 | 5.0 |
| GGOH (mg/L) | 0.0 | 26 | 56 | 120 | 37 | 100 | 710 |
| OD600 | 0.0 | 49 | 91 | 120 | 120 | 120 | 170 |
| Jar3 (フィード液:20% グルコース、1.65% 酢酸アンモニウム、50% エタノール) | | | | | | | |
| 培養時間 (h) | 0 | 21 | 45 | 69 | 93 | 117 | 165 |
| FOH (mg/L) | 0.0 | 2.0 | 4.0 | 17 | 33 | 38 | 77 |
| GGOH (mg/L) | 0.0 | 30 | 210 | 550 | 830 | 1000 | 2500 |
| OD600 | 0.0 | 63 | 160 | 160 | 120 | 140 | 120 |

本明細書で引用した全ての刊行物、特許及び特許出願は、そのまま参考として本明細書に取り入れるものとする。

産業上の利用の可能性

本発明により、プレニルアルコールの製造方法が提供される。本発明によれば、プレニルアルコール（特にゲラニルゲラニオール）を大量に入手できるため、生体内において重要な物質の生産に利用することができる点で、また、活性型プレニルアルコールの新たな生理活性を見出すための試薬として利用できる点で、本発明の方法は有用である。

配列表フリーテキスト

配列番号 24: 合成ペプチド

配列番号 25～120: 合成 DNA

配列番号 121: 合成ペプチド

配列番号 122: 合成ペプチド

配列番号 123～130: 合成 DNA

請 求 の 範 囲

1. プレニルニリン酸合成酵素遺伝子又はその変異型遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA を、宿主に導入して組換え体を作製し、該組換え体を培養した後、得られる培養物からプレニルアルコールを採取することを特徴とするプレニルアルコールの製造方法。
2. プレニルニリン酸合成酵素遺伝子又はその変異型遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA と、ヒドロキシメチルグルタリル-CoA 還元酵素遺伝子又はその変異型遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA とを、宿主に導入して組換え体を作製し、該組換え体を培養した後、得られる培養物からプレニルアルコールを採取することを特徴とするプレニルアルコールの製造方法。
3. プレニルアルコールがゲラニルゲラニオールである請求項 1 又は 2 に記載の製造方法。
4. プレニルニリン酸合成酵素遺伝子又はその変異型遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA と、イソペンテニルニリン酸 Δ -イソメラーゼ遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA とを、宿主に導入して組換え体を作製し、該組換え体を培養した後、得られる培養物からゲラニルゲラニオールを採取することを特徴とするゲラニルゲラニオールの製造方法。
5. プレニルニリン酸合成酵素遺伝子が、以下の(a)及び(b)の遺伝子並びに(c)及び(d)の融合遺伝子からなる群から選択されるいずれかのものである請求項 1～4 のいずれかに記載の製造方法。
 - (a) ファルネシルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子
 - (b) ゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子
 - (c) ファルネシルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子と、ゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子との融合遺伝子
 - (d) 上記(a)若しくは(b)の遺伝子又は(c)の融合遺伝子に、さらに His Asp

Glu Leu で示されるアミノ酸配列をコードするヌクレオチド配列が付加された融合遺伝子

6. ファルネシルニリン酸合成酵素遺伝子が配列番号 2 又は 4 に示されるアミノ酸配列をコードするものである請求項 5 記載の製造方法。
7. ゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素遺伝子が配列番号 6 に示されるアミノ酸配列をコードするものである請求項 5 記載の製造方法。
8. ヒドロキシメチルグルタリル-CoA 還元酵素遺伝子又はその変異型遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA を、宿主に導入して組換え体を作製し、該組換え体を培養した後、得られる培養物からゲラニルゲラニオールを採取することを特徴とするゲラニルゲラニオールの製造方法。
9. ヒドロキシメチルグルタリル-CoA 還元酵素遺伝子又はその変異型遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA と、以下の(e)～(j)からなる群から選択されるいずれかの遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA とを、宿主に導入して組換え体を作製し、該組換え体を培養した後、得られる培養物からゲラニルゲラニオールを採取することを特徴とするゲラニルゲラニオールの製造方法。
 - (e) イソペンテニルニリン酸 Δ -イソメラーゼ遺伝子
 - (f) メバロン酸キナーゼ遺伝子
 - (g) アセチル CoA アセチルトランスフェラーゼ遺伝子
 - (h) ヒドロキシメチルグルタリル-CoA 合成酵素遺伝子
 - (i) メバロンリン酸キナーゼ遺伝子
 - (j) メバロンニリン酸脱炭酸酵素遺伝子
10. ゲラニルゲラニオールが少なくとも 0.05mg/l の濃度である請求項 3～9 のいずれかに記載の製造方法。
11. 宿主が酵母又は大腸菌である請求項 1～10 のいずれかに記載の製造方法。
12. 酵母がサッカロマイセス・セレビシエである請求項 11 記載の製造方法。
13. サッカロマイセス・セレビシエが、サッカロマイセス・セレビシエ A451 株、YPH499 株、YPH500 株、W303-1A 株若しくは W303-1B 株又はこれらに由

来する株である請求項 12 記載の製造方法。

14. 以下の(a)及び(b)の遺伝子並びに(c)及び(d)の融合遺伝子からなる群から選択されるいずれかのもの、並びに転写プロモーター及び転写ターミネーターを含む発現用組換え DNA。
 - (a) ファルネシルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子
 - (b) ゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子
 - (c) ファルネシルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子と、ゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子との融合遺伝子
 - (d) 上記(a)若しくは(b)の遺伝子又は(c)の融合遺伝子に、さらに His Asp Glu Leu で示されるアミノ酸配列をコードするヌクレオチド配列が付加された融合遺伝子
15. 転写プロモーターが、*ADH1* プロモーター、*TDH3 (GAP)* プロモーター、*TEF2* プロモーター、*GAL1* プロモーター及び *tac* プロモーターからなる群から選ばれるいずれかのものである請求項 14 記載の組換え DNA。
16. 転写ターミネーターが、*CYC1* ターミネーターである請求項 14 記載の組換え DNA。
17. 請求項 14～16 のいずれかに記載の組換え DNA を宿主に導入してなる組換え体。
18. 宿主が酵母又は大腸菌である請求項 17 記載の組換え体。
19. 酵母がサッカロマイセス・セレビシエである請求項 18 記載の組換え体。
20. サッカロマイセス・セレビシエが、サッカロマイセス・セレビシエ A451 株、YPH499 株、YPH500 株、W303-1A 株若しくは W303-1B 株又はこれらに由来する株である請求項 19 記載の組換え体。
21. 原栄養体株である請求項 18～20 のいずれかに記載の組換え体。
22. 二倍体細胞である請求項 18～20 のいずれかに記載の組換え体。
23. 原栄養体株かつ二倍体細胞である請求項 18～20 のいずれかに記載の組換え体。
24. 以下の(i)-(vi)のいずれかの成分を含む培地を用いてブレニルアルコールの

生産力を有する微生物を培養し、得られる培養物からプレニルアルコールを採取することを特徴とするプレニルアルコールの製造方法。

(i) 糖

(ii) アルコール

(iii) アンモニアガス、アンモニア水及び又はアンモニウム塩

(iv) 水酸化ナトリウムと硫酸との混合物

(v) KH_2PO_4 、硫酸マグネシウム、硫酸アンモニウム、コーンステーパーリカー、塩化カルシウム及び界面活性剤の混合物

(vi) 上記(i)-(v)のうち2種以上の混合物

25. 以下の(i)、(ii)若しくは(iii)の成分又はこれらの2種以上の混合物を含む溶液をフィード液として培養することを特徴とする請求項24記載の製造方法。

(i) 糖

(ii) アルコール

(iii) アンモニアガス、アンモニア水及び又はアンモニウム塩

26. 培養開始後12 - 24時間までのフィード液中の炭素源成分をグルコースのみとし、その後フィード液の炭素源成分をエタノールを含む成分に切り替えて培養することを特徴とする請求項24記載の製造方法。

27. 培養開始後12 - 24時間経過後におけるフィード液の炭素源成分中の全炭素源成分に対するエタノールの割合が50%以上である請求項24記載の製造方法。

28. 培養開始後12 - 24時間経過後におけるフィード液の炭素源成分がエタノールのみである請求項24記載の製造方法。

29. 培養物中に蓄積するプレニルアルコールの濃度が少なくとも0.1 g/l以上である請求項24記載の製造方法。

30. 培養物中に蓄積するプレニルアルコールの濃度が少なくとも1 g/l以上である請求項24記載の製造方法。

31. プレニルアルコールがゲラニルゲラニオールである請求項24記載の製造方法。

32. 微生物が酵母である請求項24記載の製造方法。

33. 酵母がサッカロマイセス・セレビシエである請求項 32 記載の製造方法。
34. サッカロマイセス・セレビシエが、サッカロマイセス・セレビシエ A451 株、YPH499 株、YPH500 株、W303-1A 株若しくは W303-1B 株又はこれらに由来する株である請求項 33 記載の製造方法。
35. 微生物が組換え体である請求項 24 記載の製造方法。
36. 組換え体が、メバロン酸経路関連遺伝子若しくはその変異型遺伝子、又はプレニルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA を、宿主に導入して作製されたものである、請求項 35 記載の製造方法。
37. 組換え体が、プレニルニリン酸合成酵素遺伝子又はその変異型遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA と、メバロン酸経路関連遺伝子若しくはその変異型遺伝子を含む、発現用組換え DNA 又はゲノムインテグレート用 DNA とを、宿主に導入して作製されたものである請求項 35 記載の製造方法。
38. 宿主がサッカロマイセス・セレビシエである請求項 36 又は 37 記載の製造方法。
39. サッカロマイセス・セレビシエが、サッカロマイセス・セレビシエ A451 株、YPH499 株、YPH500 株、W303-1A 株若しくは W303-1B 株又はこれらに由来する株である請求項 38 記載の製造方法。
40. メバロン酸経路関連遺伝子がヒドロキシメチルグルタリル-CoA 還元酵素遺伝子である請求項 36 又は 37 記載の製造方法。
41. ヒドロキシメチルグルタリル-CoA 還元酵素遺伝子が *HMG1* 遺伝子である請求項 40 記載の製造方法。
42. プレニルニリン酸合成酵素遺伝子が、以下の(a)及び(b)の遺伝子並びに(c)及び(d)の融合遺伝子からなる群から選択されるいずれかのものである請求項 36 又は 37 記載の製造方法。
 - (a) ファルネシルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子
 - (b) ゲラニルゲラニルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子
 - (c) ファルネシルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子と、ゲ

ラニルゲラニルニリン酸合成酵素遺伝子若しくはその変異型遺伝子との融合遺伝子

(d) 上記(a)若しくは(b)の遺伝子又は(c)の融合遺伝子に、さらに His Asp Glu Leu で示されるアミノ酸配列をコードするヌクレオチド配列が付加された融合遺伝子

43. 微生物が原栄養体株である請求項 24 記載の製造方法。
44. 微生物が二倍体細胞である請求項 24 記載の製造方法。
45. 微生物が原栄養体株かつ二倍体細胞である請求項 24 記載の製造方法。
46. 培地を pH 制御することを特徴とする請求項 24 記載の製造方法。
47. pH 制御が、アンモニウムガス、アンモニウム塩溶液、水酸化ナトリウム溶液又は硫酸を用いて行うものである請求項 46 記載の製造方法。

图 1

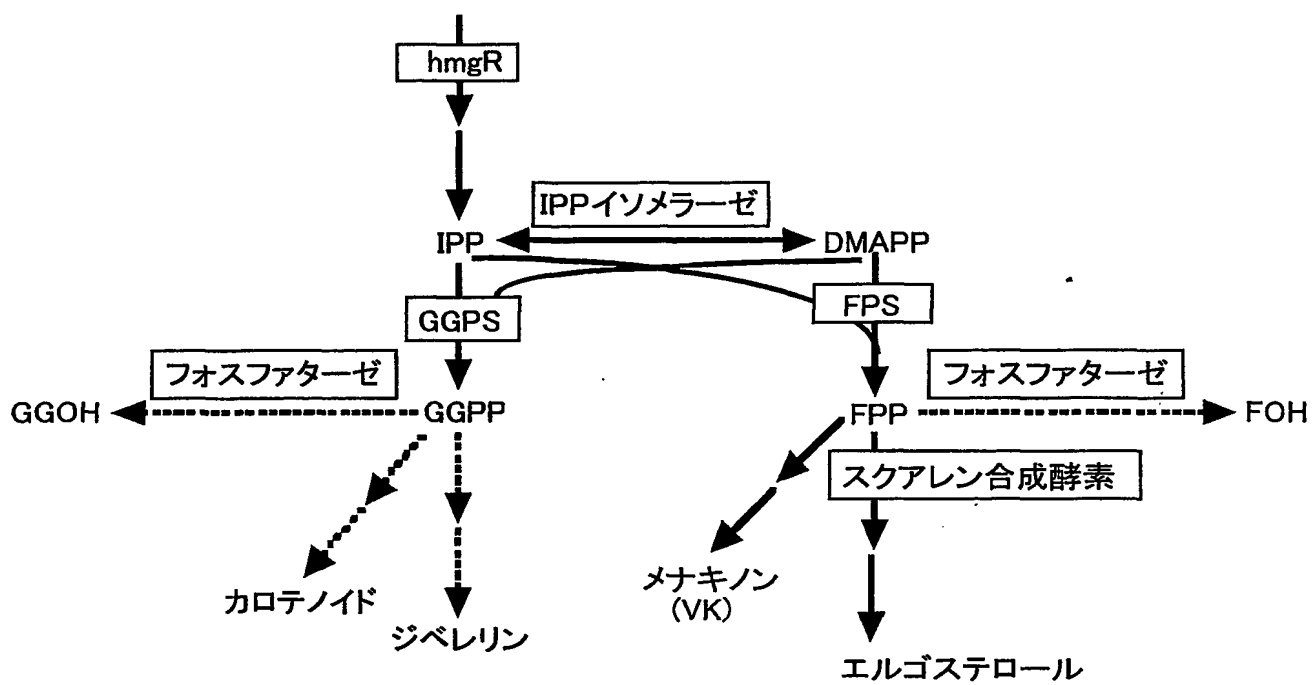


図 2A

| ヌクレオチド アミノ酸 | |
|-------------|-------|
| C203T | S68F |
| T426C | |
| T1026C | |
| T1167G | |
| T1248C | |
| G1557A | |
| A1605G | L607S |
| T1820C | |
| A2451G | |
| A2726G | H909R |
| T2787C | |
| G2940A | |

図 2B

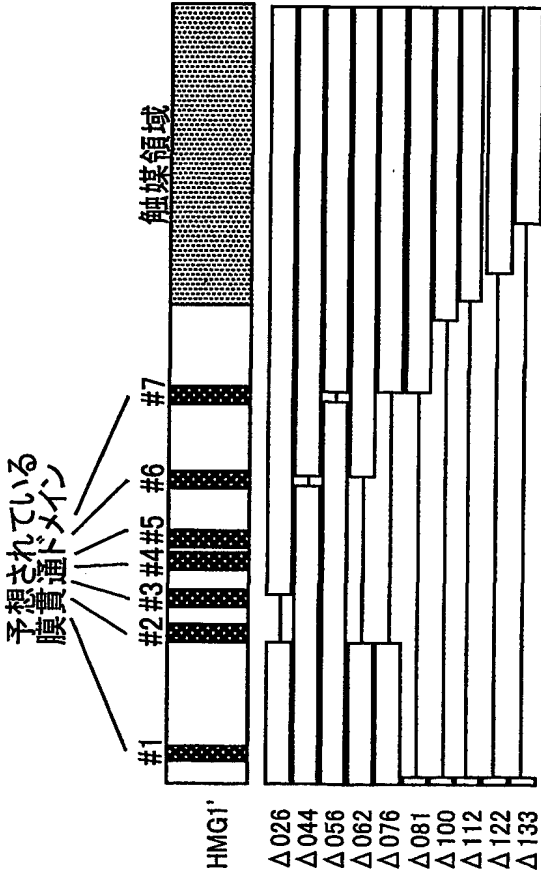
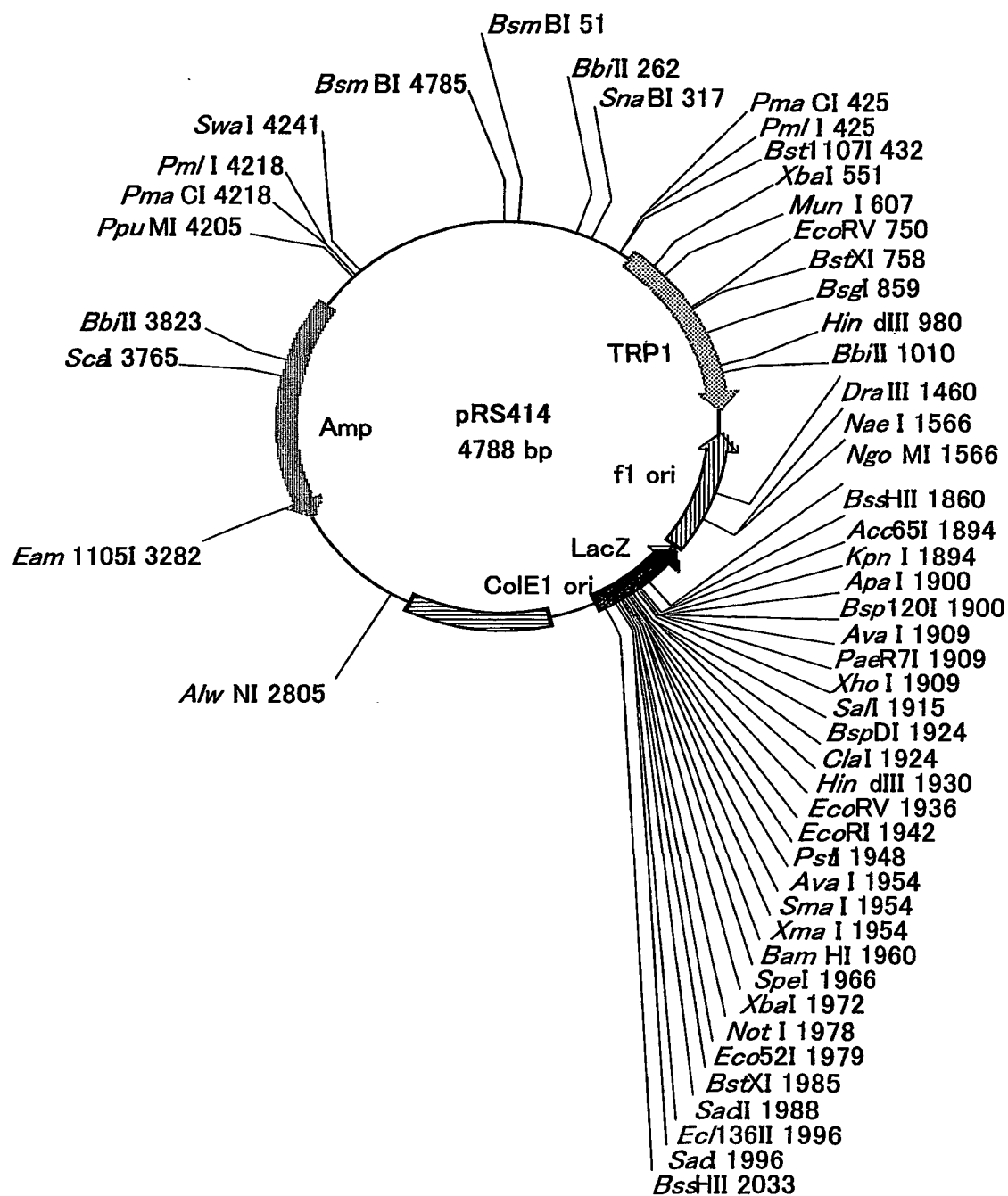
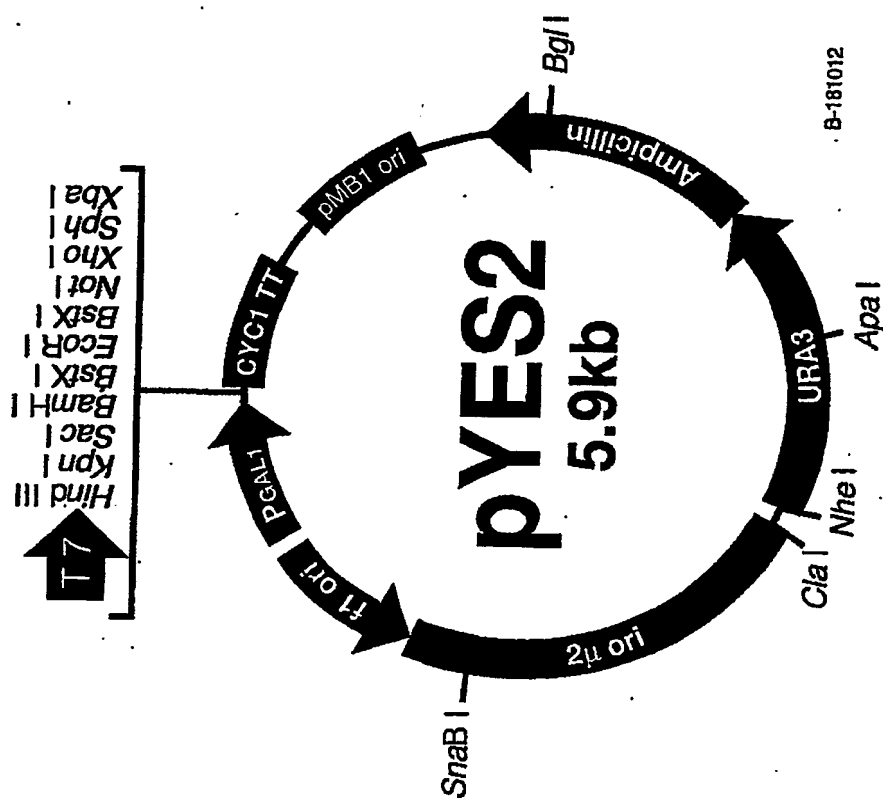


図 3



4



[5]

| | | | | | | |
|------------|-------------|------------|------------|------------|-------------|------------|
| GGATCCTCTA | GCTCCCTAAC | ATGTAGGTGG | CGGAGGGGAG | ATATACAATA | GAACAGATAC | CAGACAAGAC |
| CCTAGGAGAT | CGAGGGATTG | TACATCCACC | GCCTCCCCTC | TATATGTTAT | CTTGTCTATG | GTCTGTTCTG |
| 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 |
| ATAATGGGCT | AAACAAGACT | ACACCAATTA | CACTGCCTCA | TTGATGGTGG | TACATAACGA | ACTAATACTG |
| TATTACCCGA | TTTGTTCGTA | TGTGGTTAAT | GTGACGGAGT | AACTACCACC | ATGTATTGCT | TGATTATGAC |
| 80 | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 |
| TAGCCCTAGA | CTTGATAGCC | ATCATCATAT | CGAAGTTTCA | CTACCCTTTT | TCCATTTGCC | ATCTATTGAA |
| ATCGGGATCT | GAACATATCGG | TAGTAGTATA | GCTTCAAAGT | GATGGGAAAA | AGGTAAACGG | TAGATAACTT |
| 150 | 160 | 170 | 180 | 190 | 200 | 210 |
| GTAATAATAG | GCGCATGCAA | CTTCTTTTCT | TTTTTTTTCT | TTTCTCTCTC | CCCCGTTGTT | GTCTCACCAT |
| CATTATTATC | CGCGTACGTT | GAAGAAAAGA | AAAAAAAAGA | AAAGAGAGAG | GGGCAACAA | CAGAGTGGTA |
| 220 | 230 | 240 | 250 | 260 | 270 | 280 |
| ATCCGCAATG | ACAAAAAAT | GATGGAAGAC | ACTAAAGGAA | AAAATTAACG | ACAAAGACAG | CACCAACAGA |
| TAGGCGTTAC | TGTTTTTTTA | CTACCTTCTG | TGATTTCCTT | TTTTAATTGC | TGTTTCTGTC | GTGGTTGTCT |
| 290 | 300 | 310 | 320 | 330 | 340 | 350 |
| TGTCGTTGTT | CCAGAGCTGA | TGAGGGGTAT | CTCGAAGCAC | ACGAAACTTT | TTCCTTCCTT | CATTACGCA |
| ACAGCAACAA | GGTCTCGACT | ACTCCCCATA | GAGCTTCGTG | TGCTTTGAAA | AAGGAAGGAA | GTAAGTGCCT |
| 360 | 370 | 380 | 390 | 400 | 410 | 420 |
| CACTACTCTC | TAATGAGCAA | CGGTATACGG | CCTTCCTTCC | AGTTACTTGA | ATTTGAAATA | AAAAAAGTTT |
| GTGATGAGAG | ATTACTCGTT | GCCATATGCC | GGAAGGAAGG | TCAATGAACT | TAAACTTTAT | TTTTTTCAAA |
| 430 | 440 | 450 | 460 | 470 | 480 | 490 |
| GCTGTCTTGC | TATCAAGTAT | AAATAGACCT | GCAATTATTA | ATCTTTTGTT | TCCTCGTCAT | TGTTCTCGTT |
| CGACAGAACG | ATAGTTCATA | TTTATCTGGA | CGTTAATAAT | TAGAAAACAA | AGGAGCAGTA | ACAAGAGCAA |
| 500 | 510 | 520 | 530 | 540 | 550 | 560 |
| CCCTTTCTTC | CTTGTTCCTT | TTTCTGCACA | ATATTTCAAG | CTATACCAAG | CATACAATCA | ACTGGTACCC |
| GGGAAAGAAG | GAACAAAGAA | AAAGACGTGT | TATAAAGTTC | GATATGGTTC | GTATGTTAGT | TGACCATGGG |
| 570 | 580 | 590 | 600 | 610 | 620 | 630 |
| GGGTCGACTC | GAGCTCTAGA | GGTTAACTAA | GCGAATTTCT | TATGATTIAT | GATTTTTATT | ATTAAATAAG |
| CCCAGCTGAG | CTCGAGATCT | CCAATTGATT | CGCTTAAAGA | ATACTAAATA | CTAAAAATAA | TAATTTATTC |
| 640 | 650 | 660 | 670 | 680 | 690 | 700 |
| TTATAAAAAA | AATAAGTGTA | TACAAATTTT | AAAGTGACTC | TTAGGTTTTA | AAACGAAAAAT | TCTTATTCTT |
| AATATTTTTT | TTATTCACAT | ATGTTTAAAA | TTTCACTGAG | AATCCAAAAT | TTTGCTTTTA | AGAATAAGAA |
| 710 | 720 | 730 | 740 | 750 | 760 | 770 |
| GAGTAACTCT | TTCCTGTAGG | TCAGGTTGCT | TTCTCAGGTA | TAGCATGAGG | TCGCTCTTAT | TGACCACATC |
| CTCATTGAGA | AAGGACATCC | AGTCCAACGA | AAGAGTCCAT | ATCGTACTCC | AGCGAGAATA | ACTGGTGTAG |
| 780 | 790 | 800 | 810 | 820 | 830 | 840 |
| TCTACCGGCA | TGCCGAGCAA | ATGCCTGCAA | ATCGCTCCCC | ATTTACCCCA | ATTGTAGATA | TGCTAACTCC |
| AGATGGCCGT | ACGGCTCGTT | TACGGACGTT | TAGCGAGGGG | TAAAGTGGGT | TAACATCTAT | ACGATTGAGG |
| 850 | 860 | 870 | 880 | 890 | 900 | 910 |
| AGCAATGAGT | TGATGAATCT | CGGTGTGTAT | TTTATGTCCT | CAGAGGACAA | CACCTGTTGT | AATCGTTCTT |
| TCGTTACTCA | ACTACTTAGA | GCCACACATA | AAATACAGGA | GTCTCCTGTT | GTGGACAACA | TTAGCAAGAA |
| 920 | 930 | 940 | 950 | 960 | 970 | 980 |
| CCACACGGAT | CC | | | | | |
| GGTGTGCCTA | GG | | | | | |
| 990 | | | | | | |

図 6A

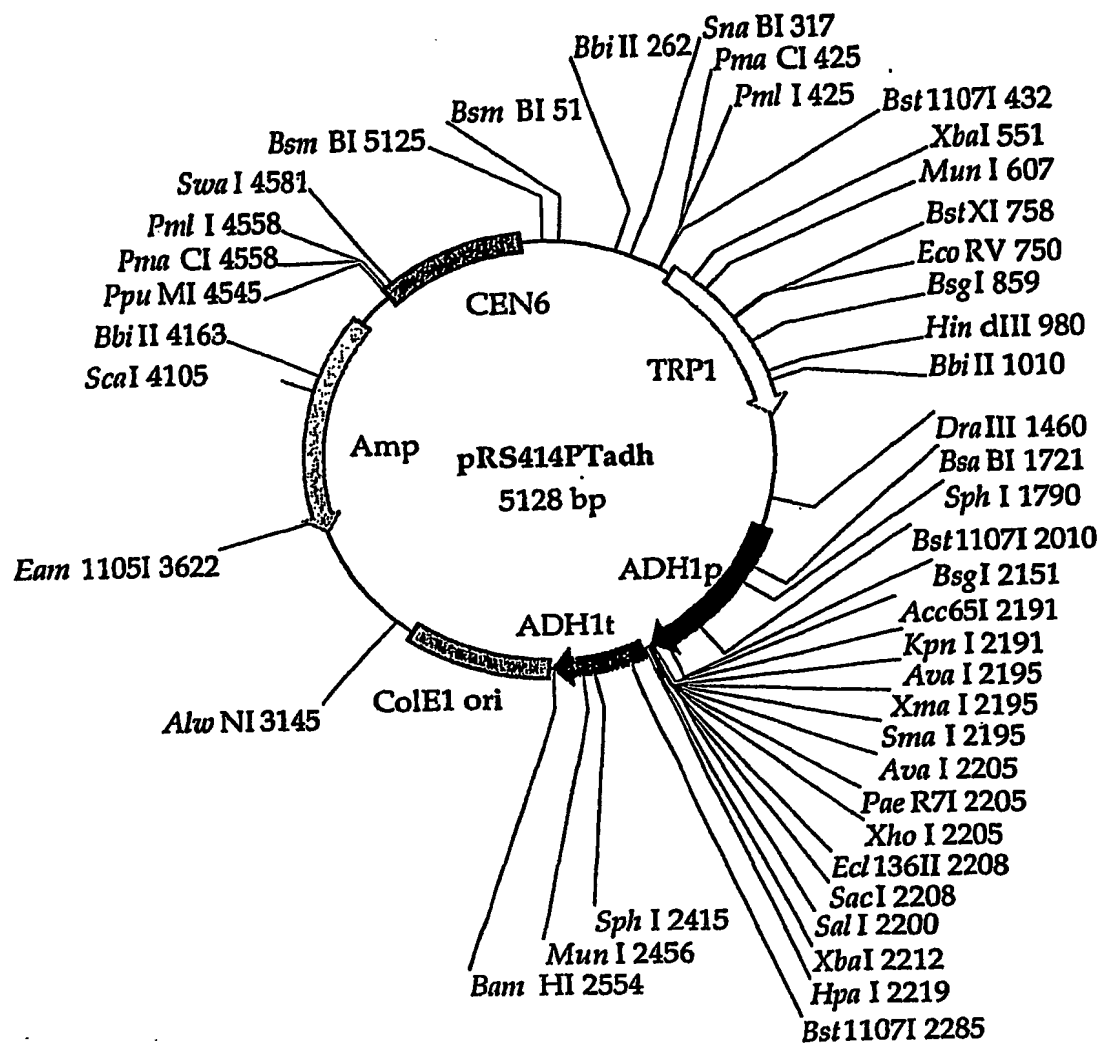


図6B

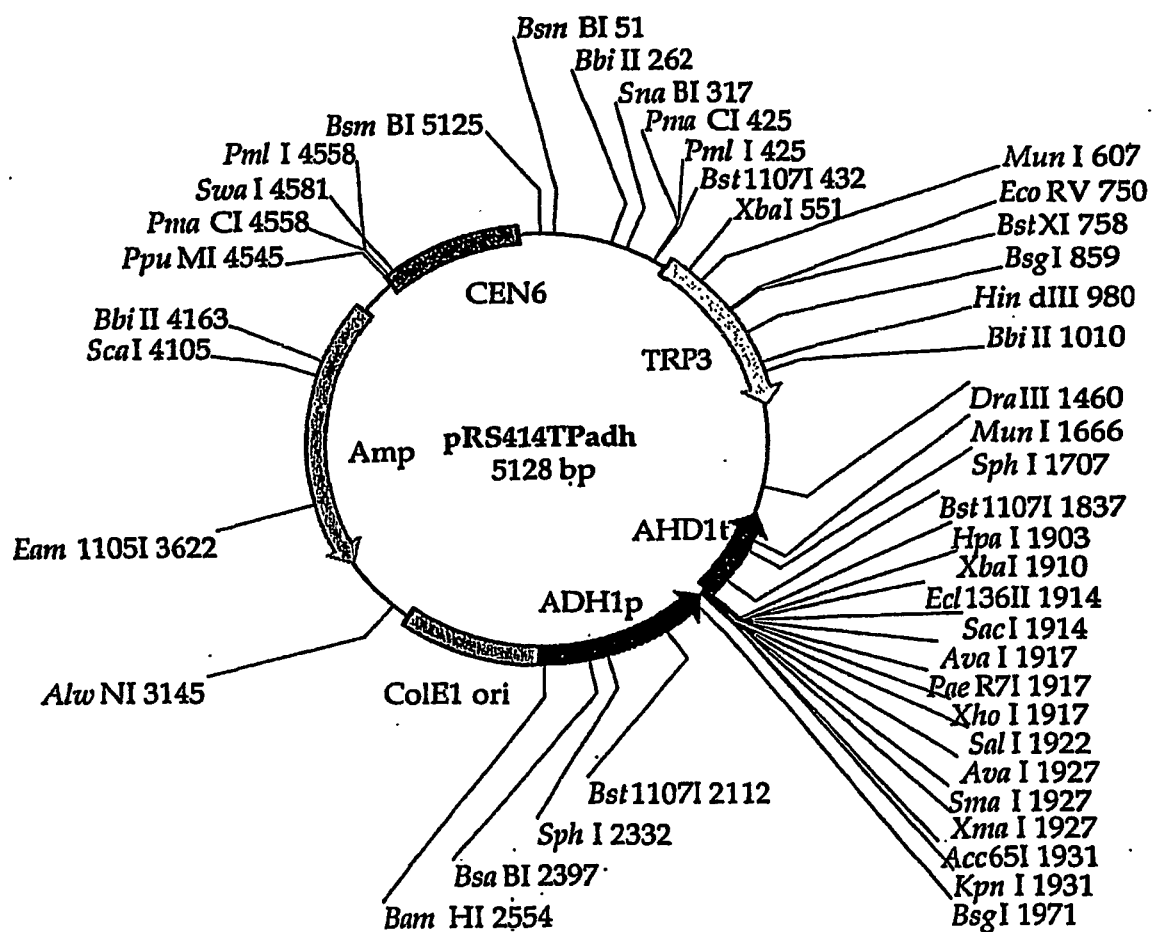


図 7A

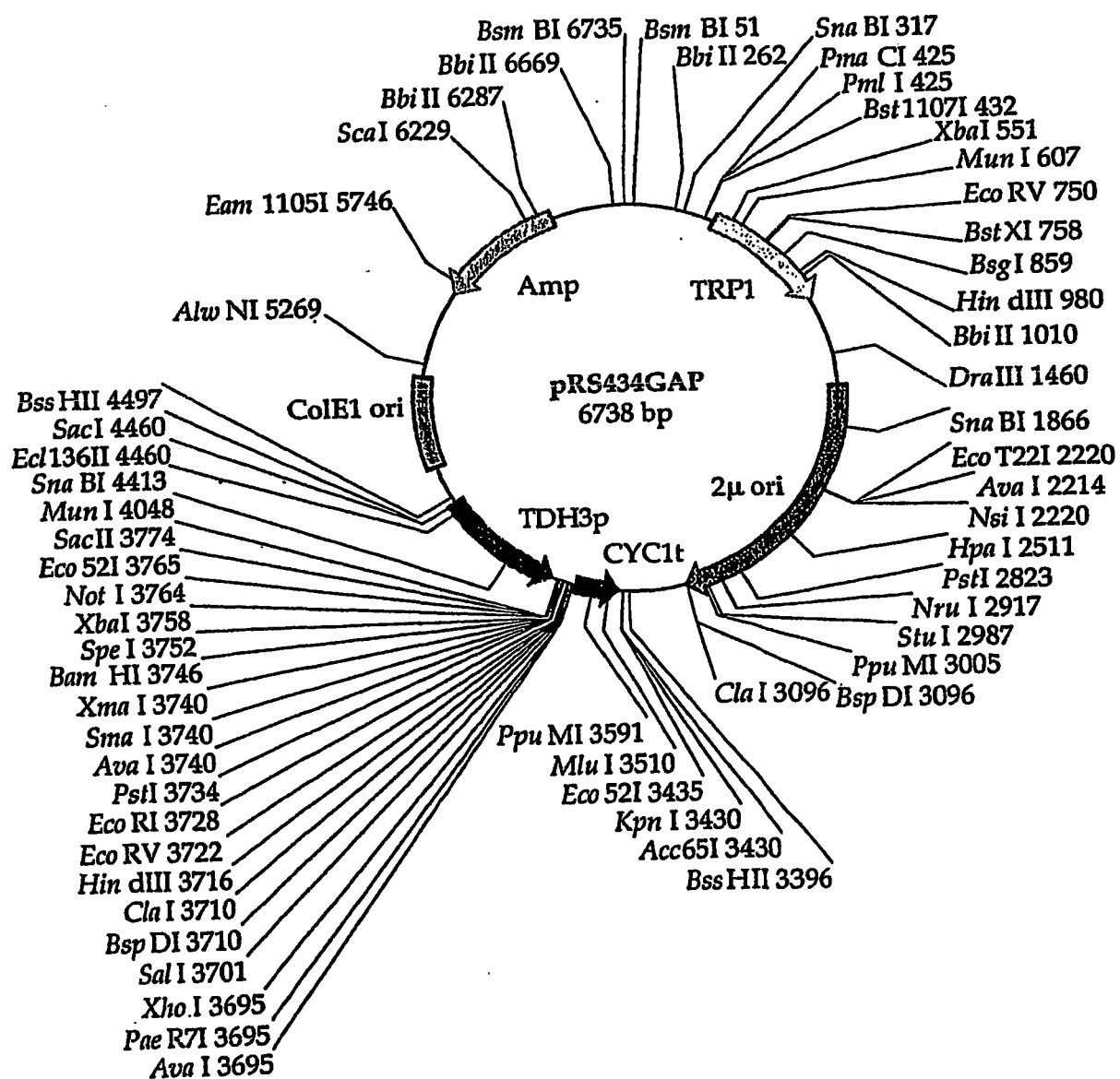


図7B

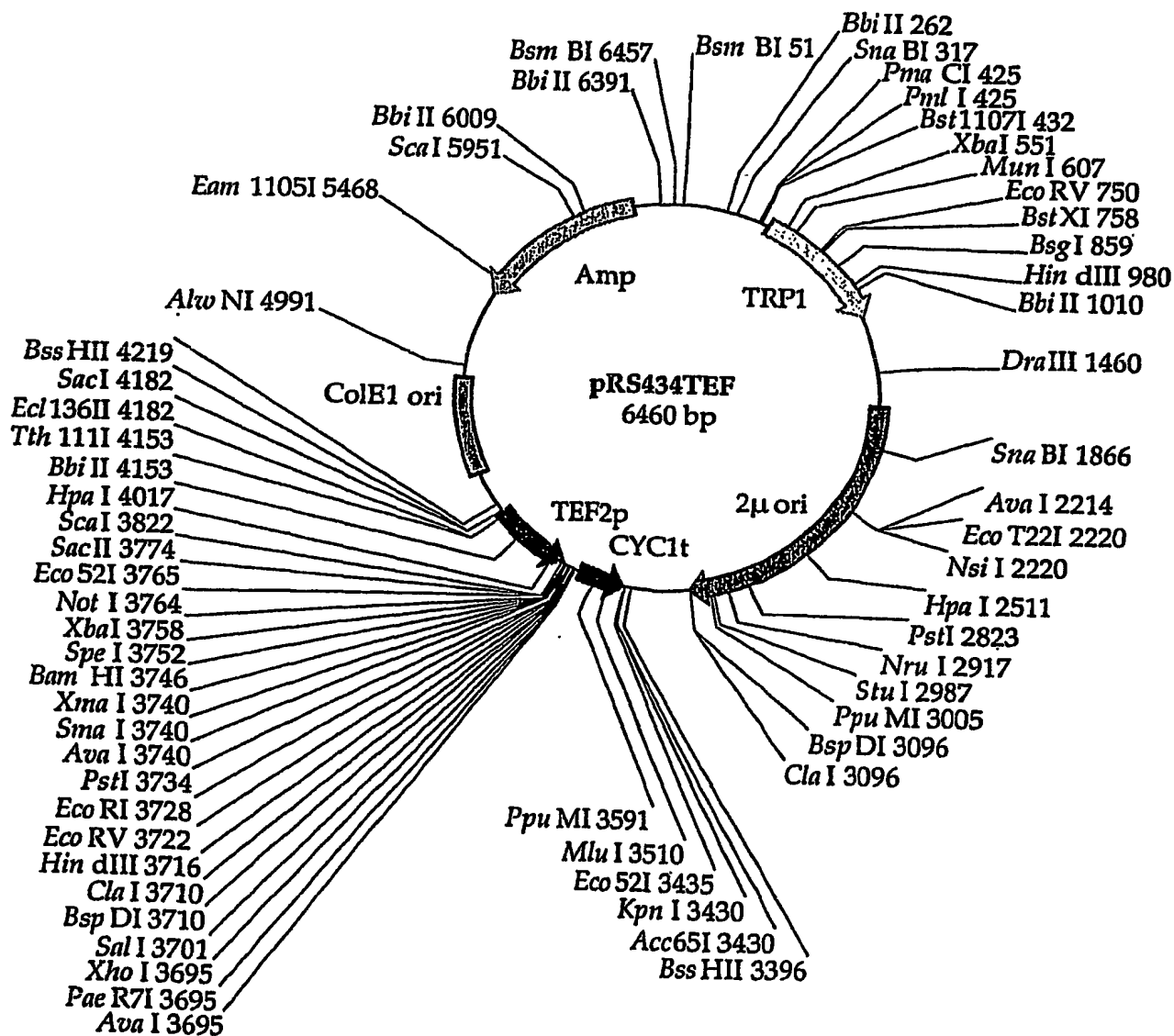


図 7C

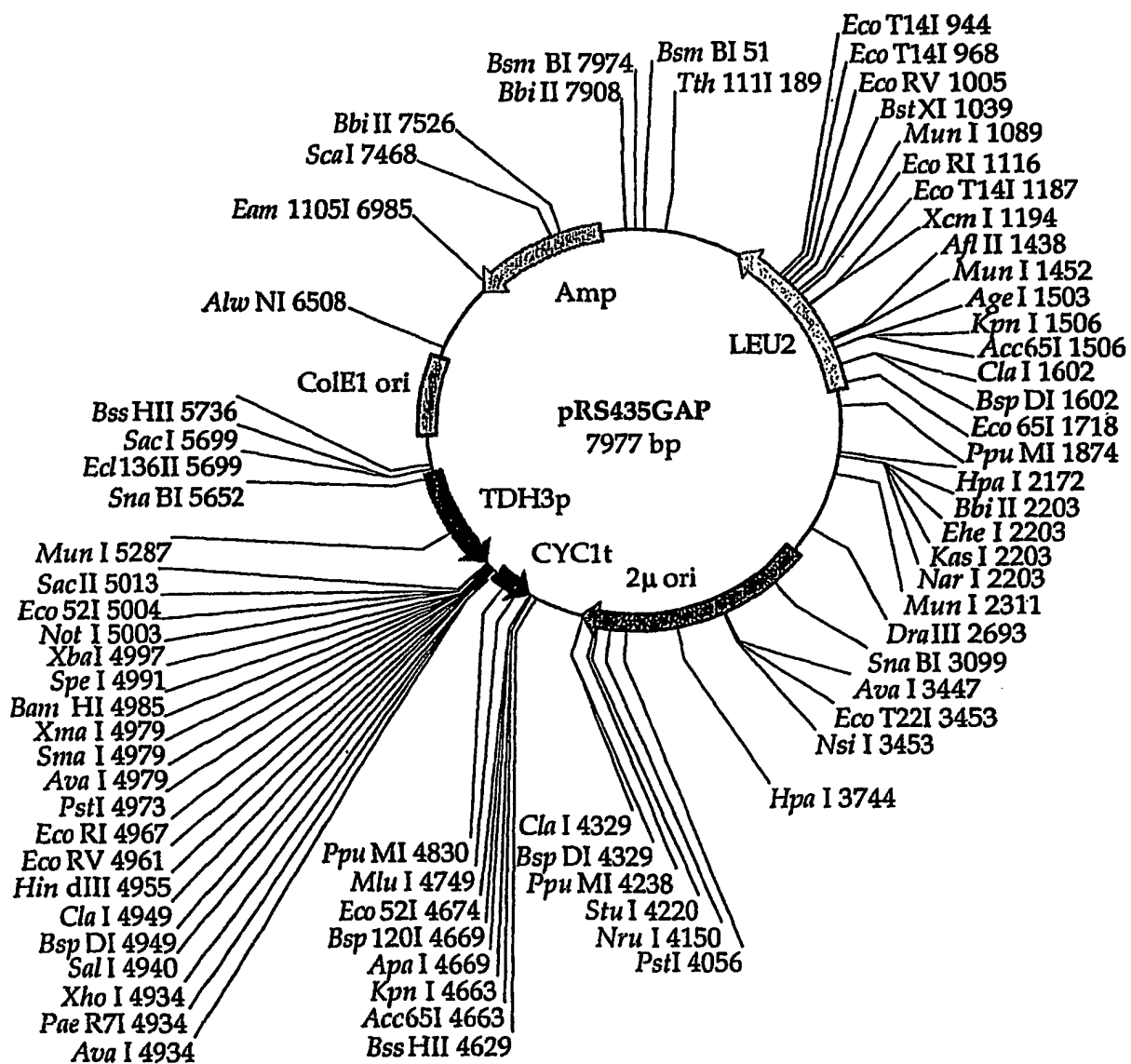


図 7D

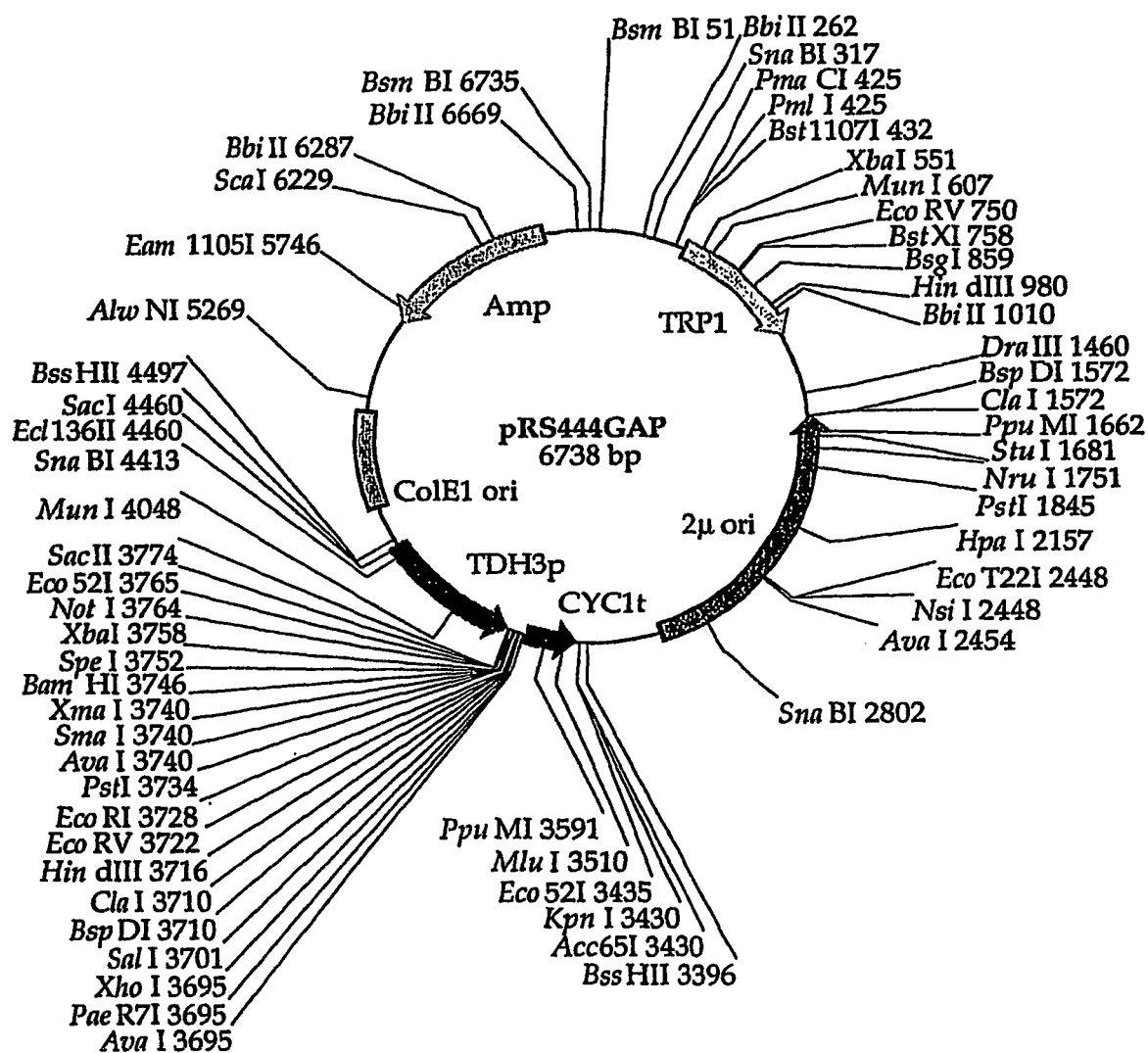


図 7E

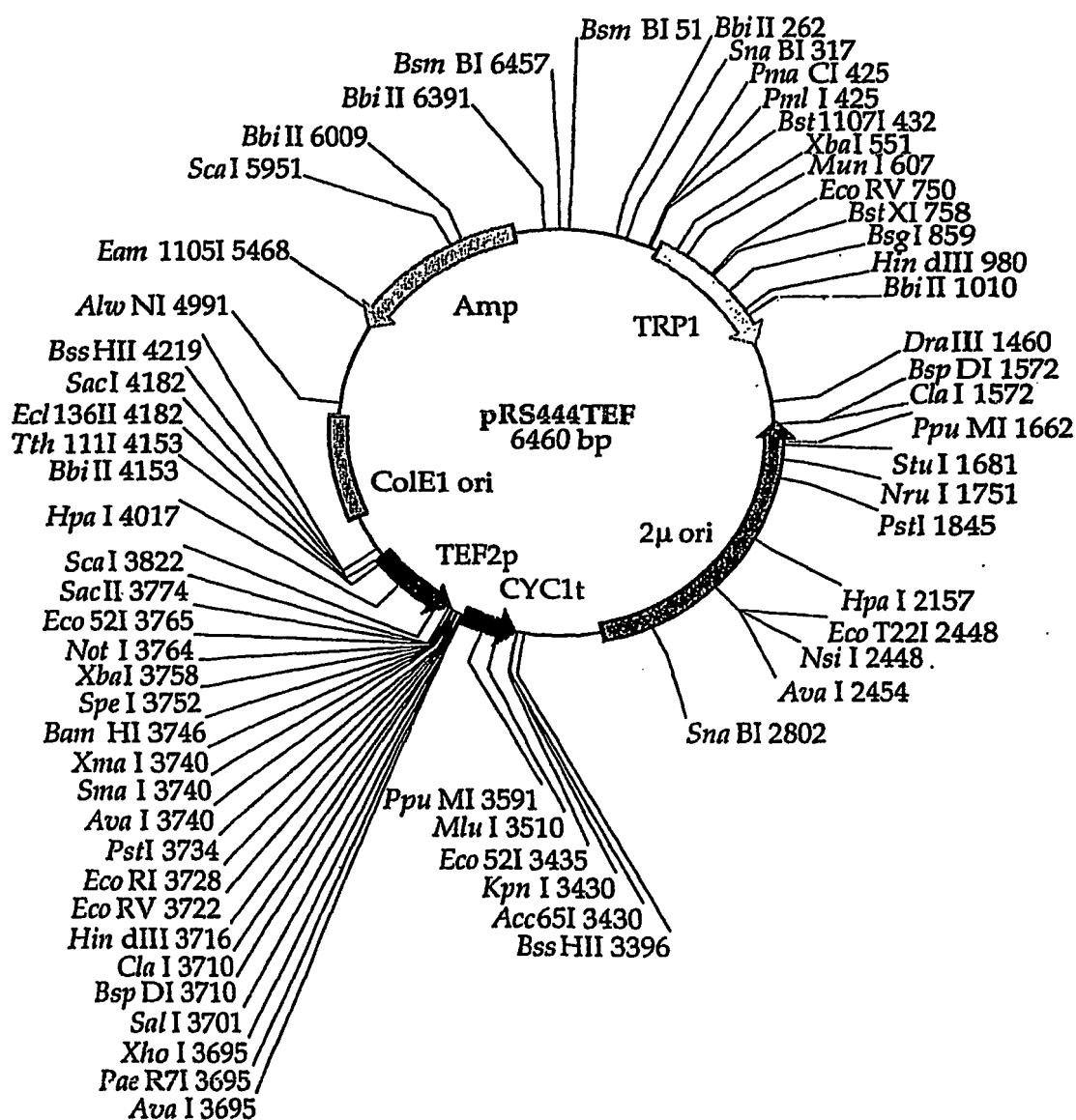


図 7F

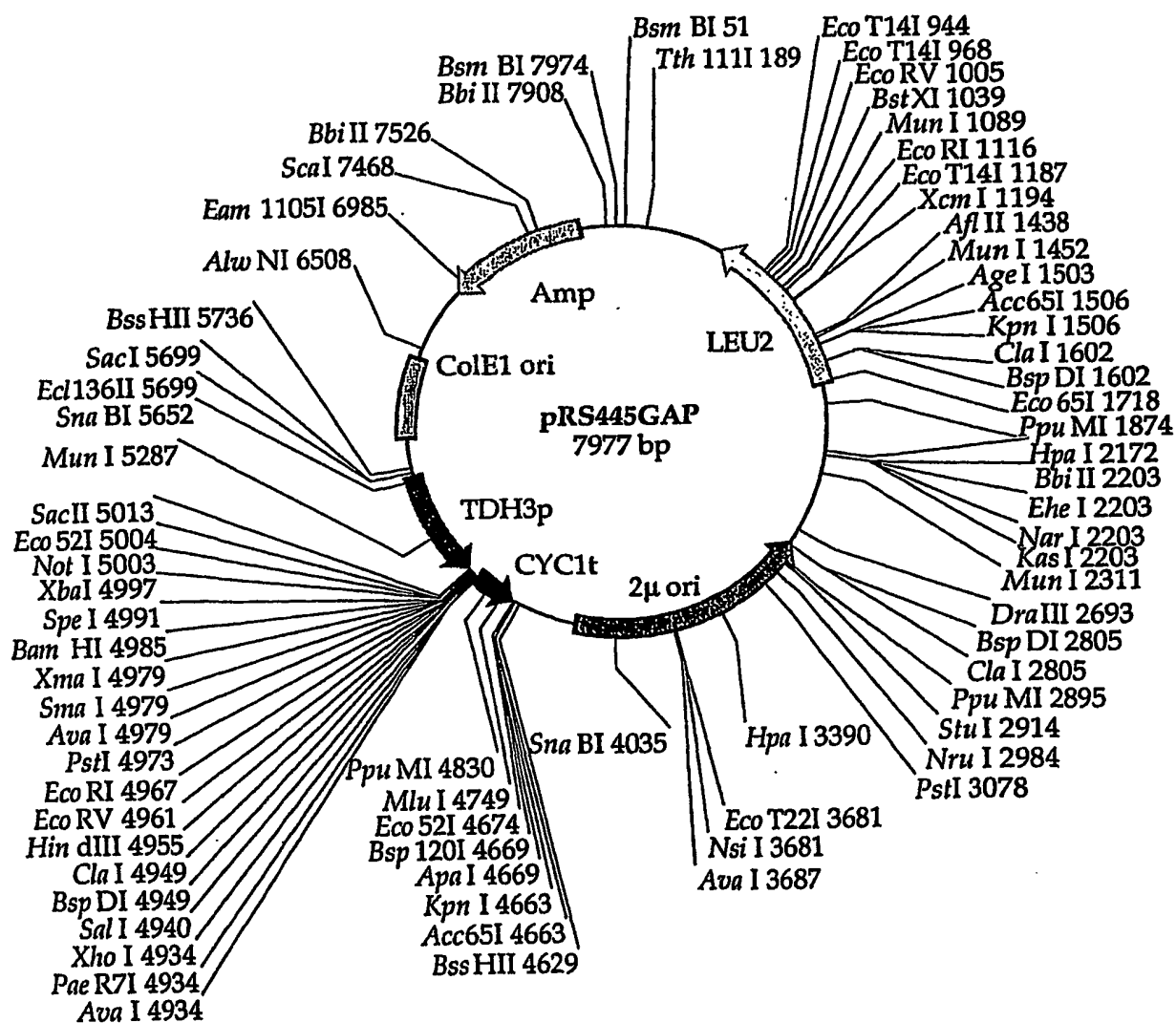


図 8

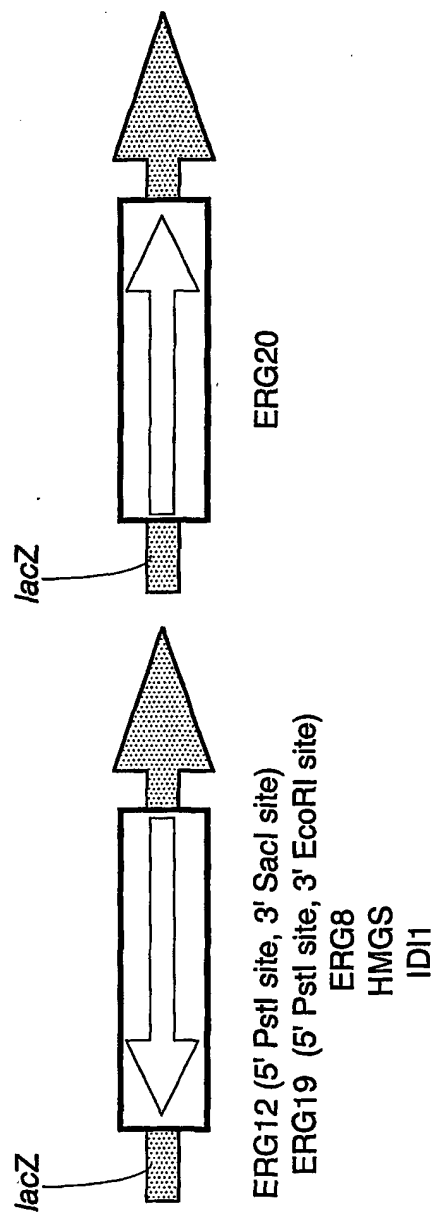


図 9

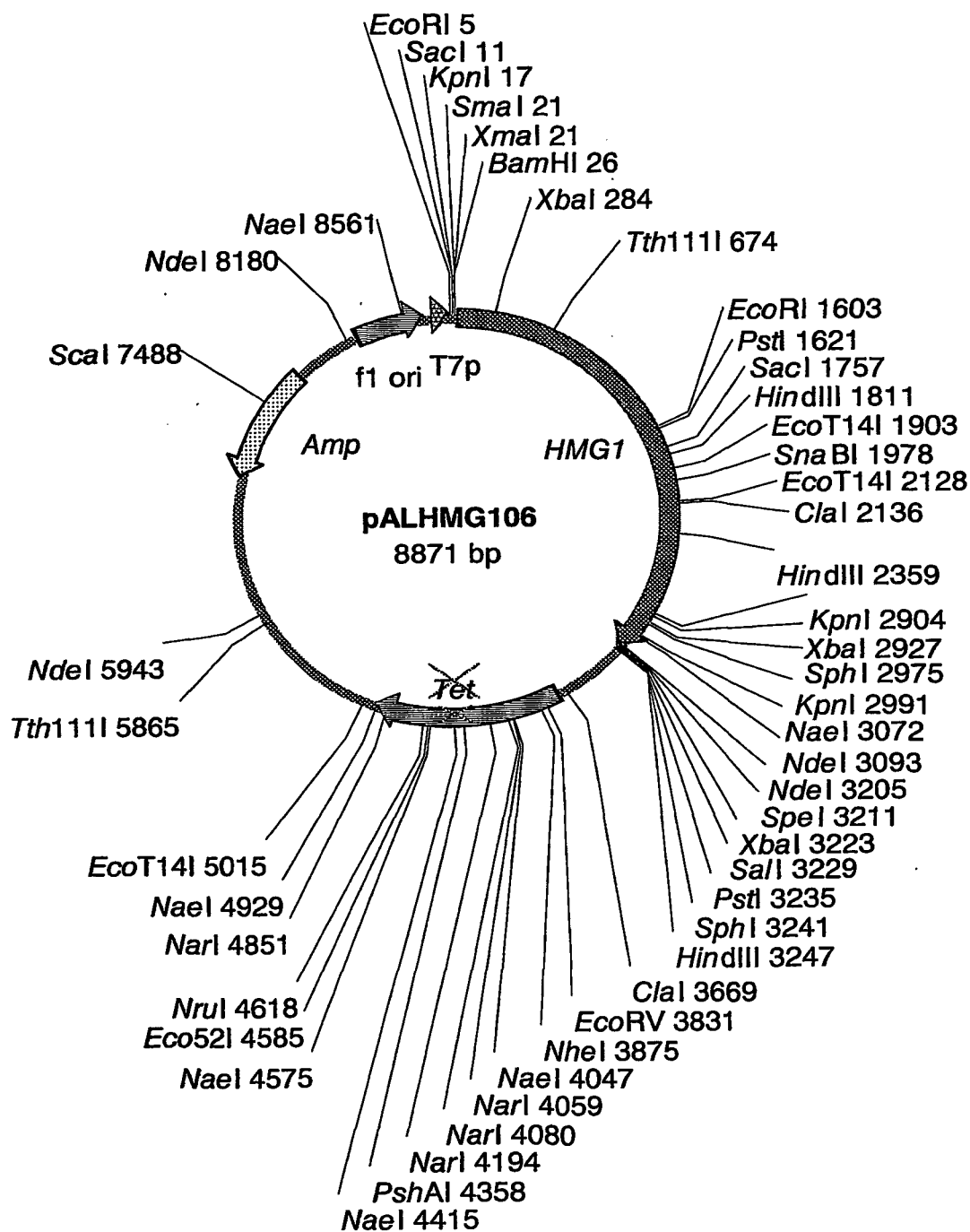


図10

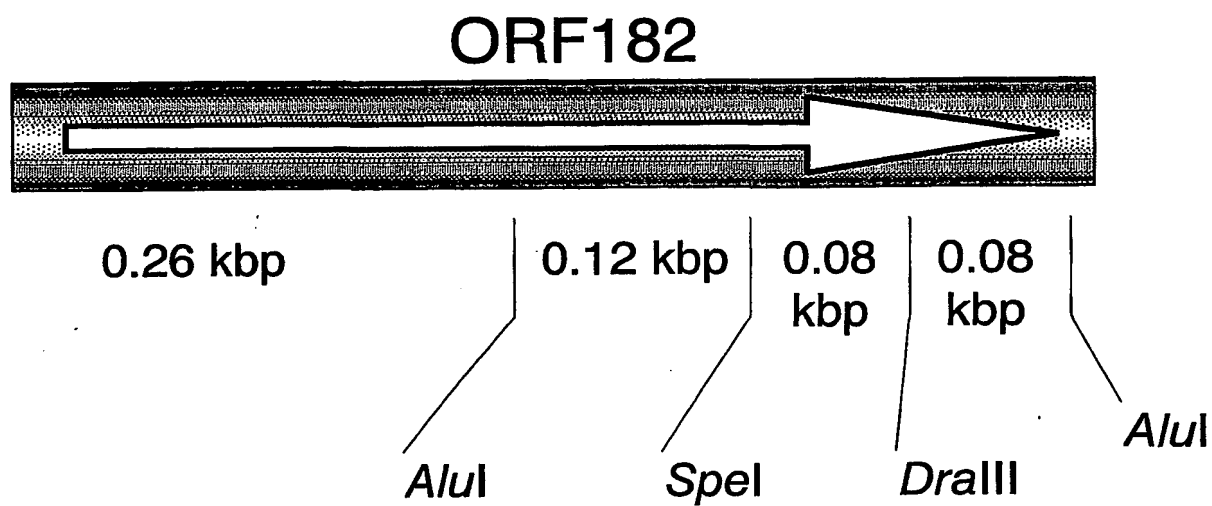
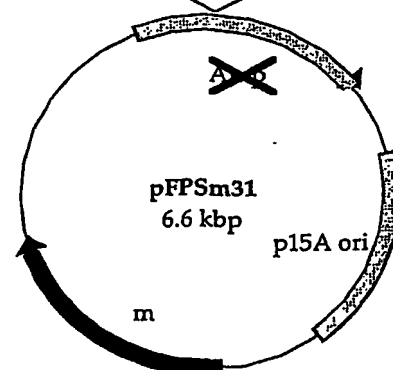
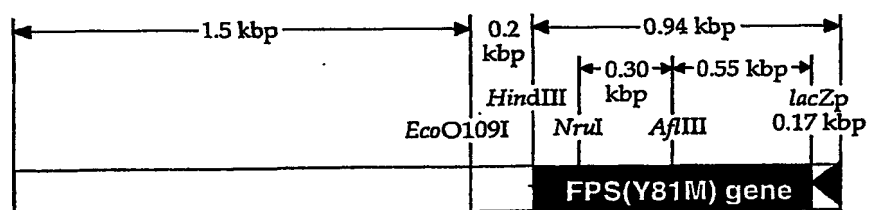
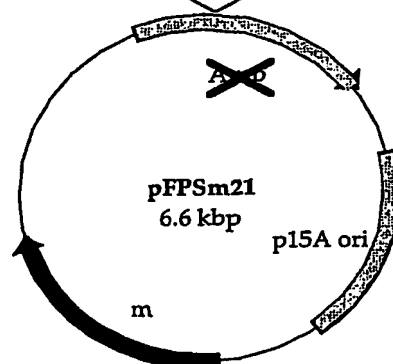
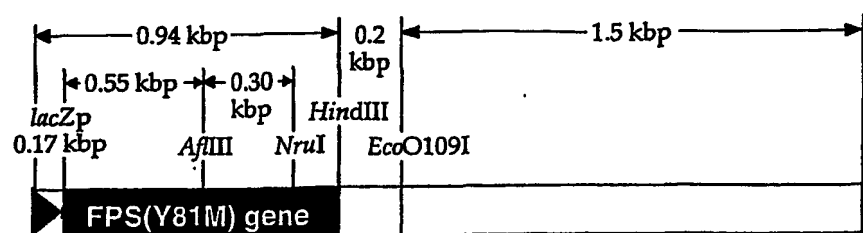
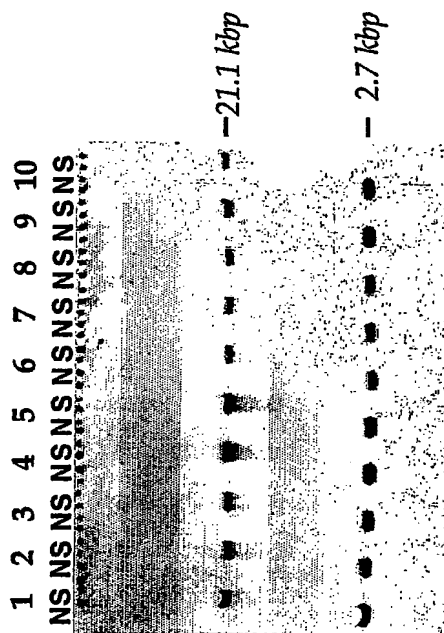


図 11

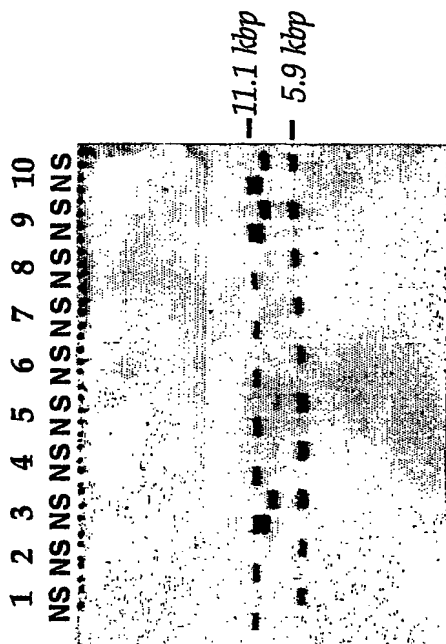


12

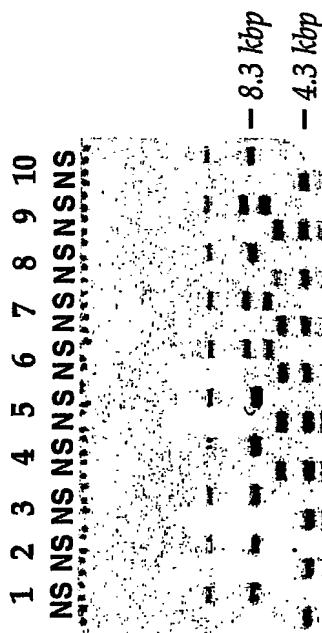
Probe I (ERG20)



Probe II (BTSI)



Probe III (HMG1)



Probe V (AURI)

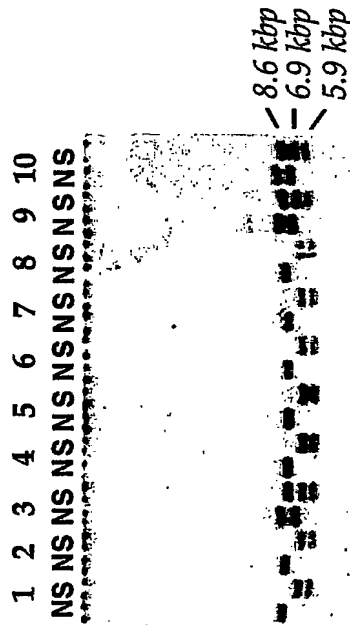


図13

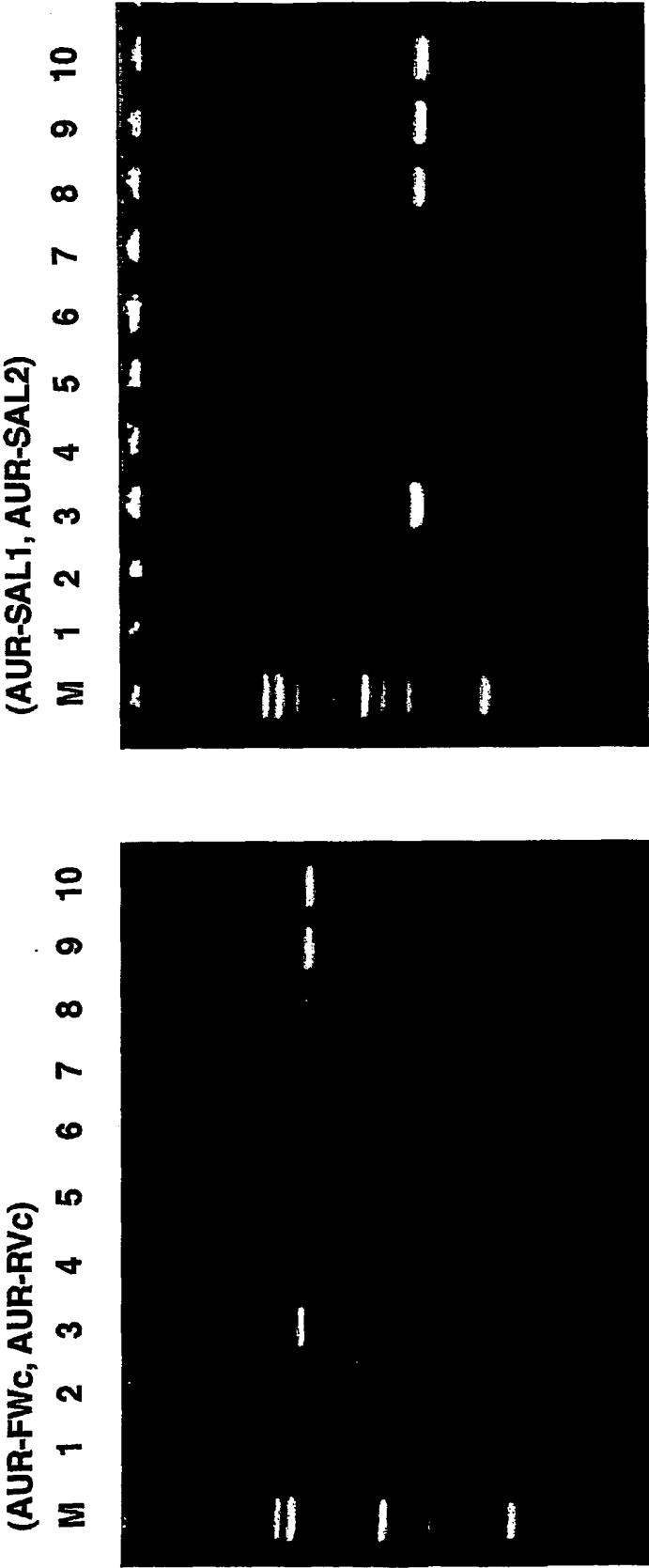
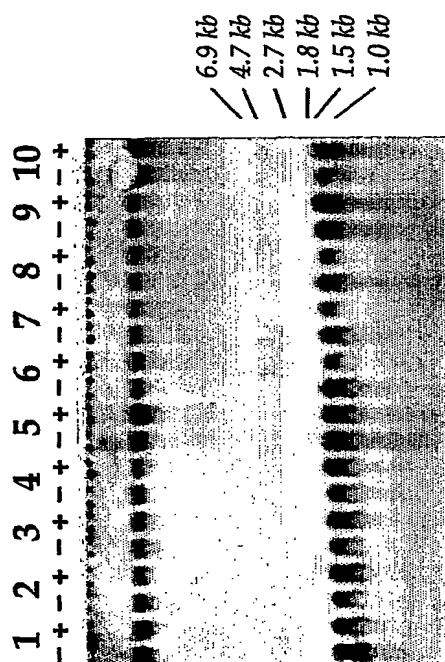
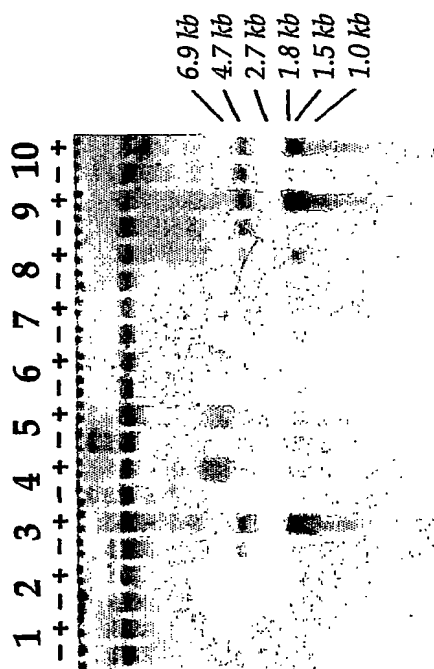


図 14

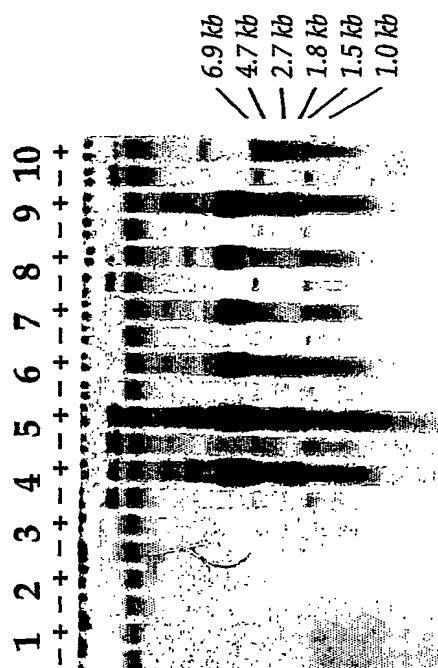
Probe I (ERG20)



Probe II (BTS1)



Probe III (HMG1)



Probe V (AUR1)

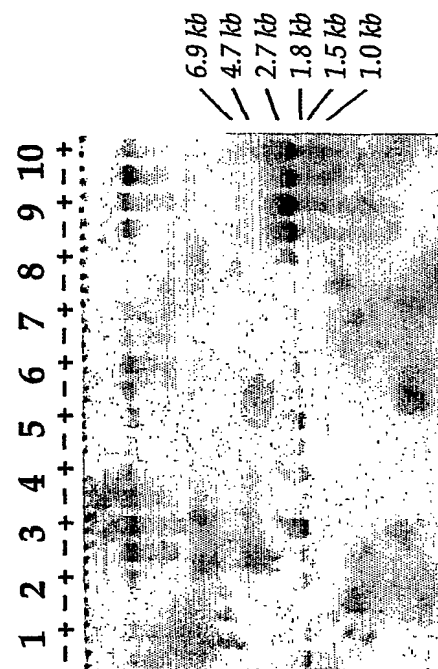


図15A

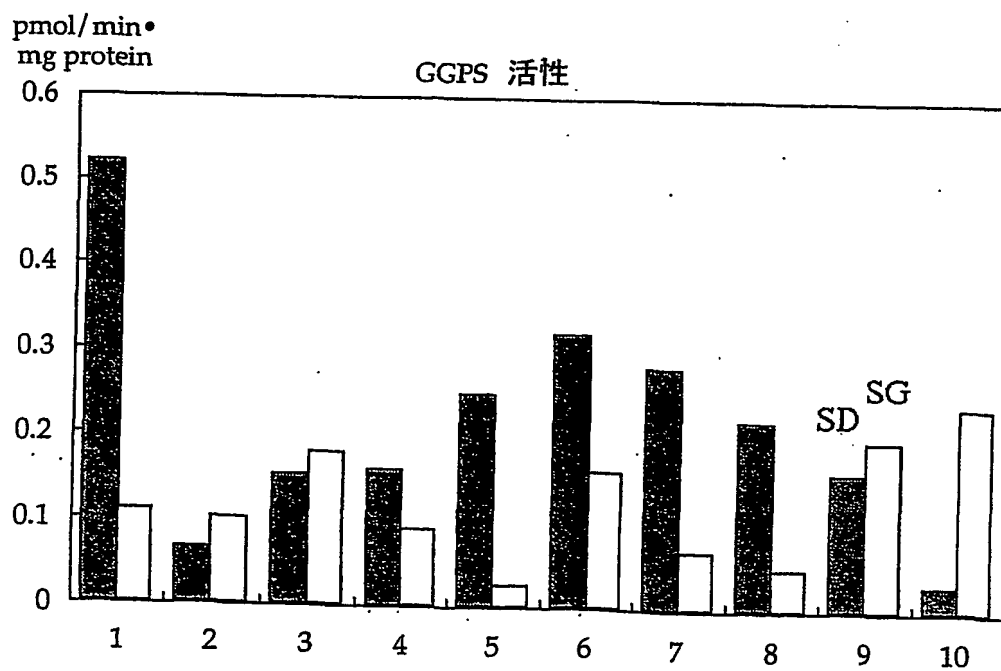
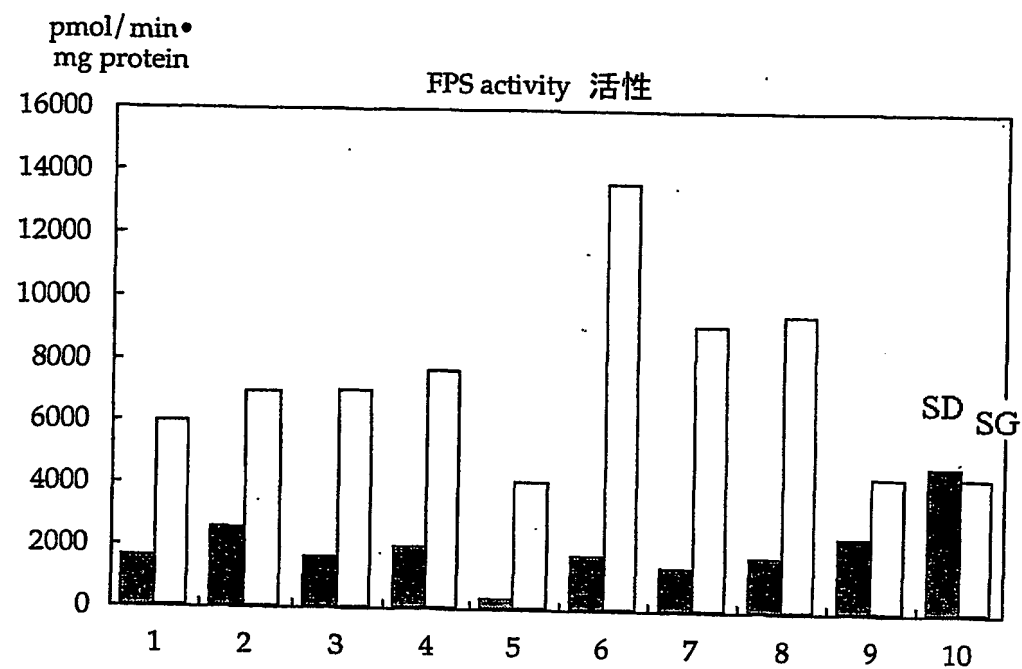


図15B

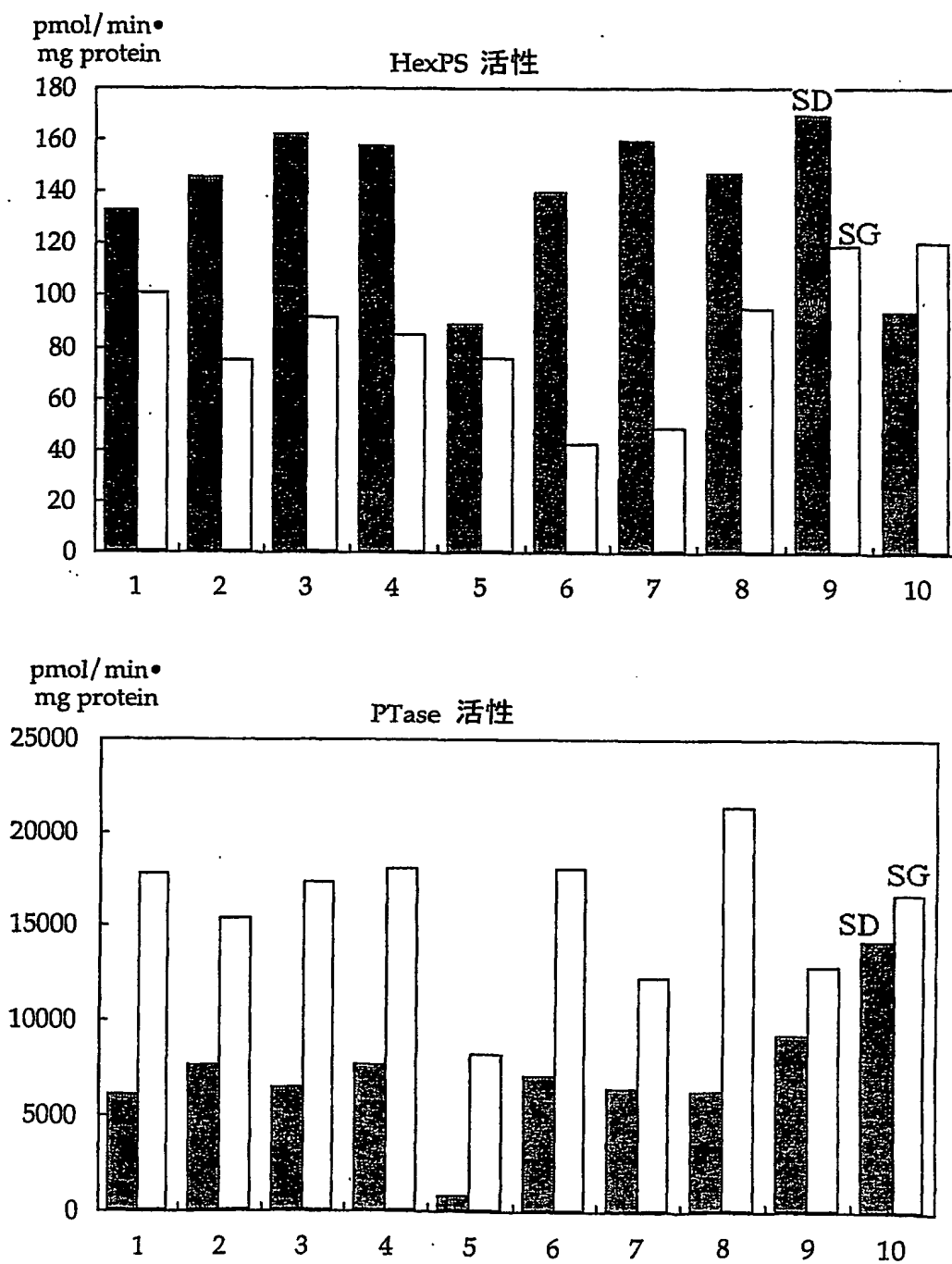


図16

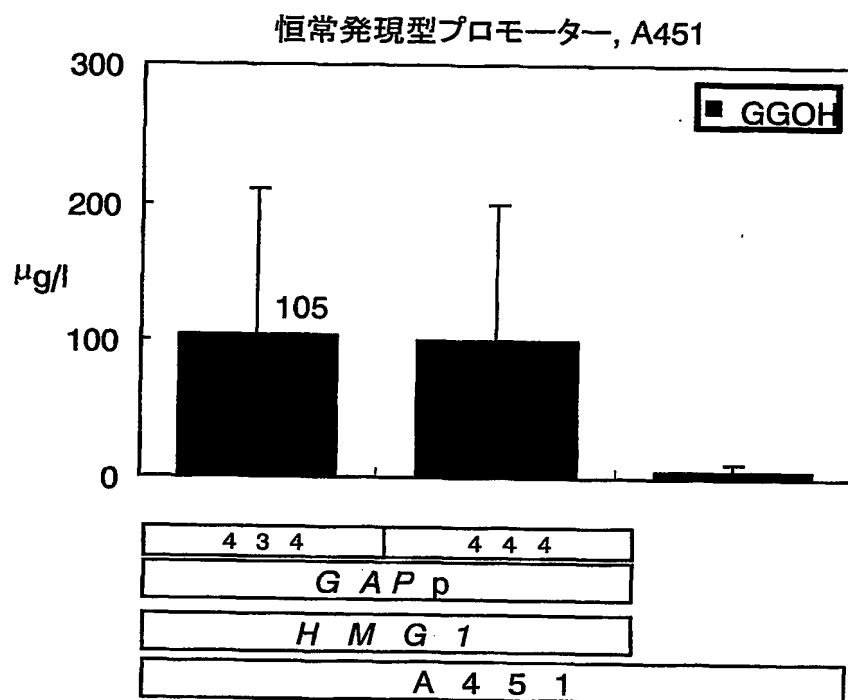


図17

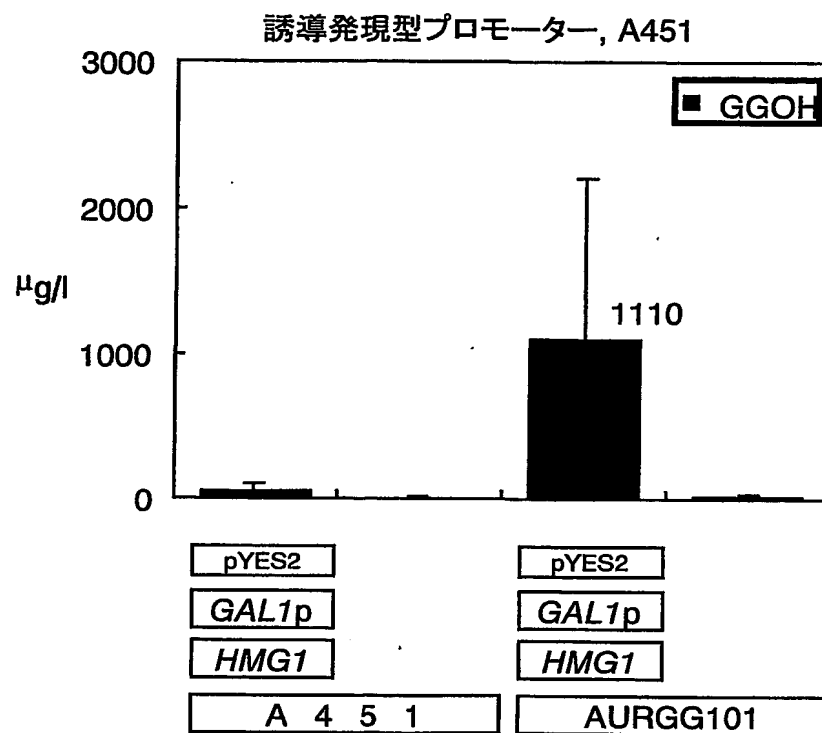


図18

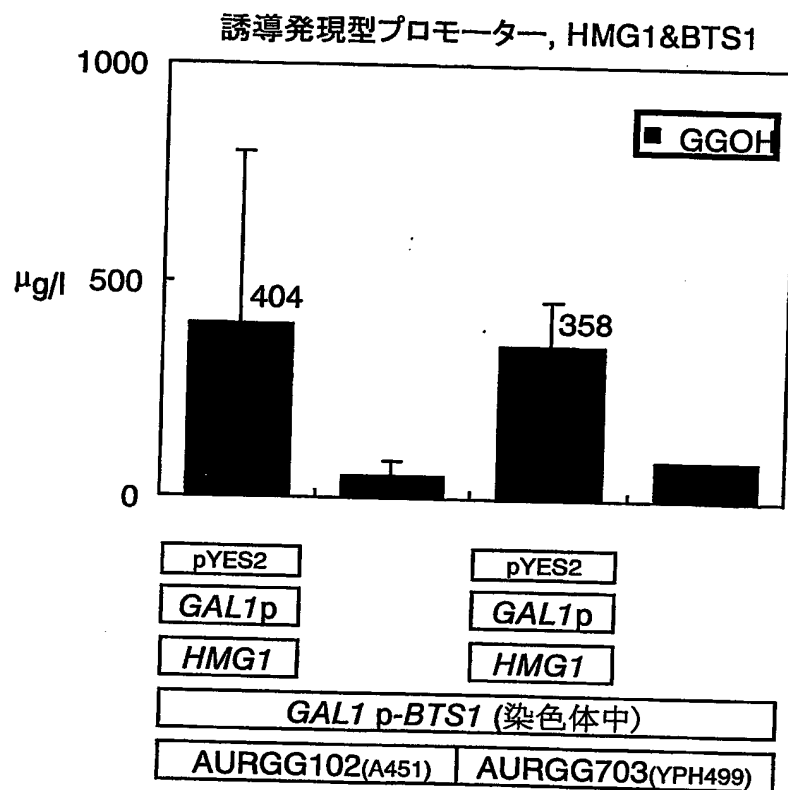


図19

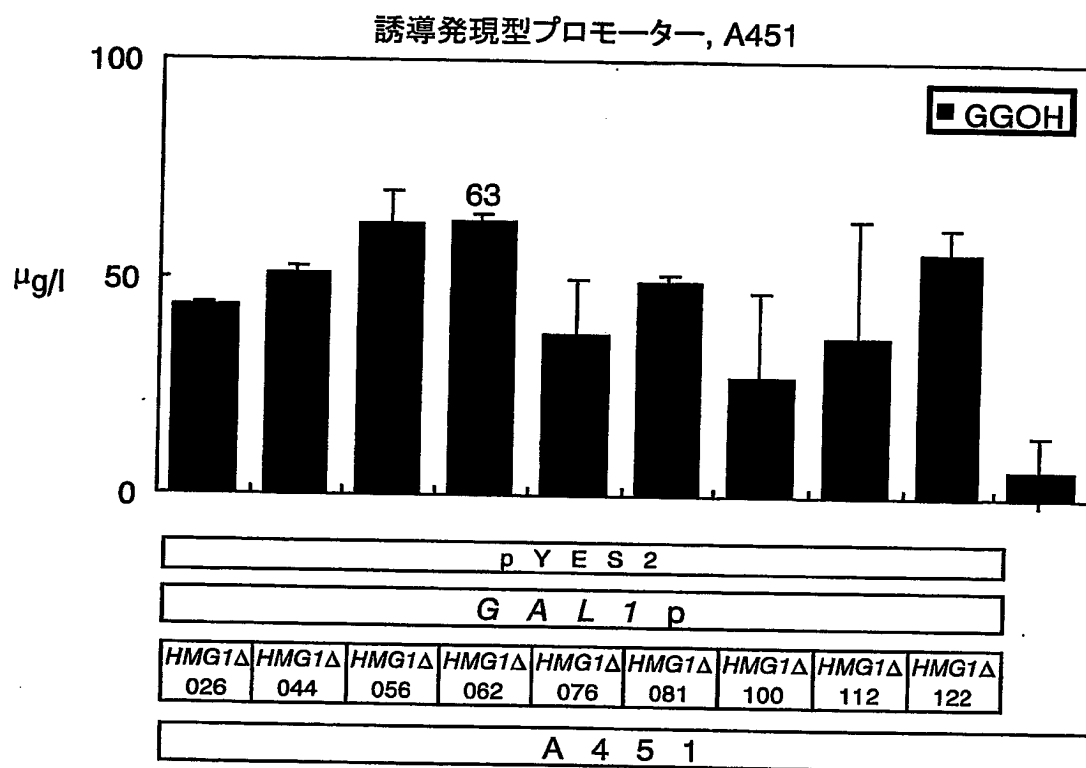


図20

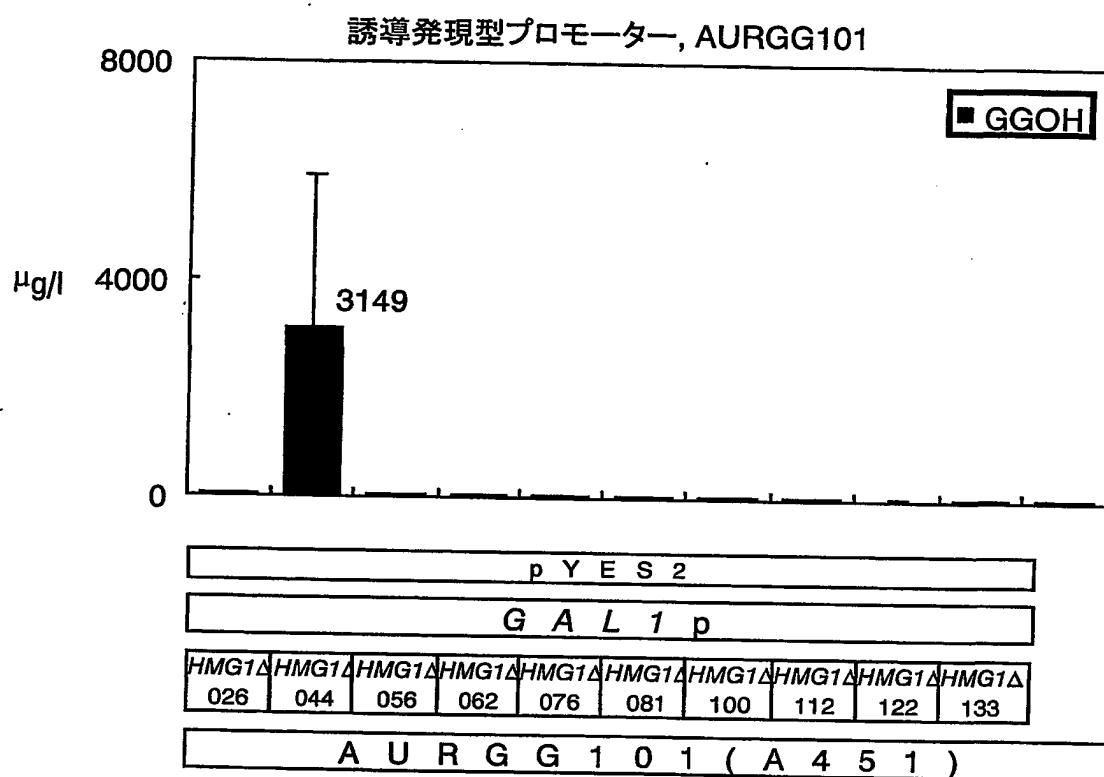
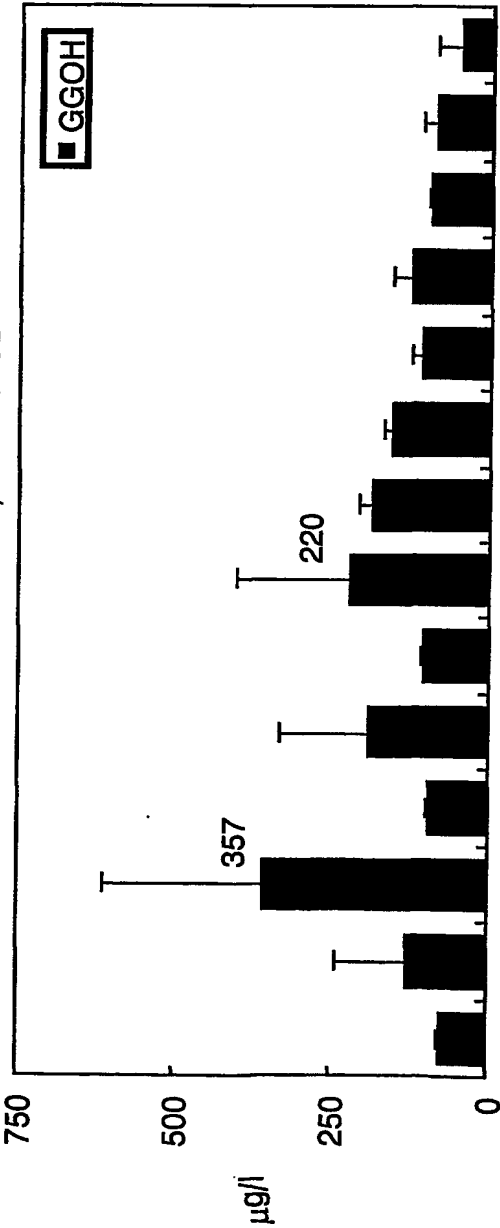


図21

誘導発現型プロモーター, AURGG102



p Y E S 2

G A L 1 p

| | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| HMG1 Δ027 | HMG1 Δ044 | HMG1 Δ045 | HMG1 Δ059 | HMG1 Δ062 | HMG1 Δ063 | HMG1 Δ076 | HMG1 Δ083 | HMG1 Δ094 | HMG1 Δ106 | HMG1 Δ122 | HMG1 Δ123 | HMG1 Δ134 |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|

AURGG102 (A451, aur1::GAPp-BTS1)

図22

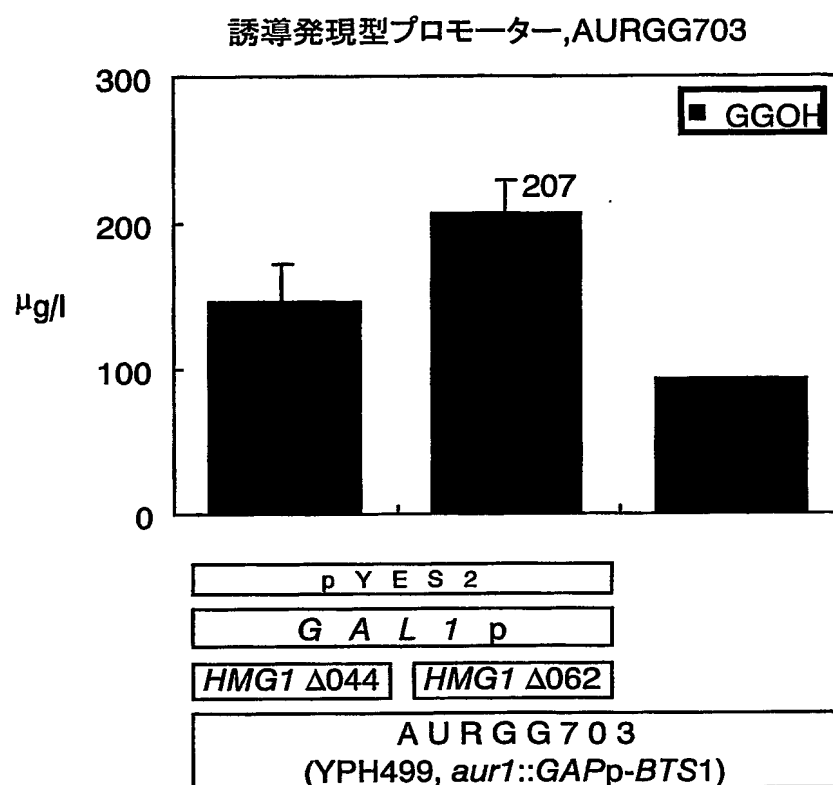


図23

IPP及びDMAPPを含む培地で培養したときのGGOH生成量

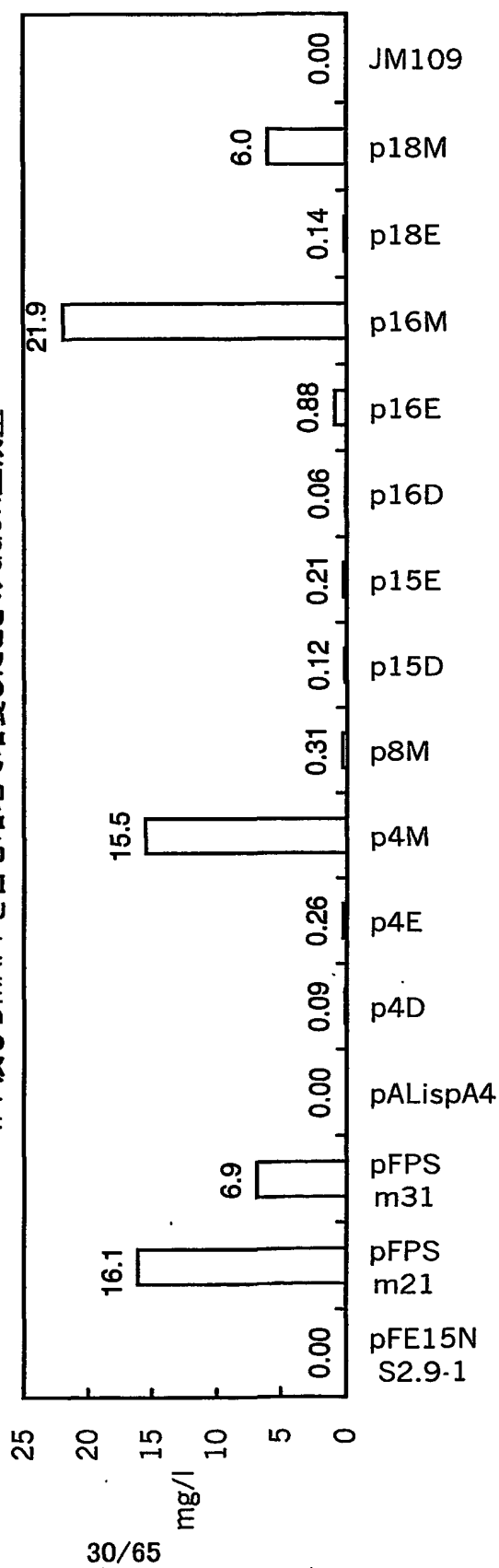


図24

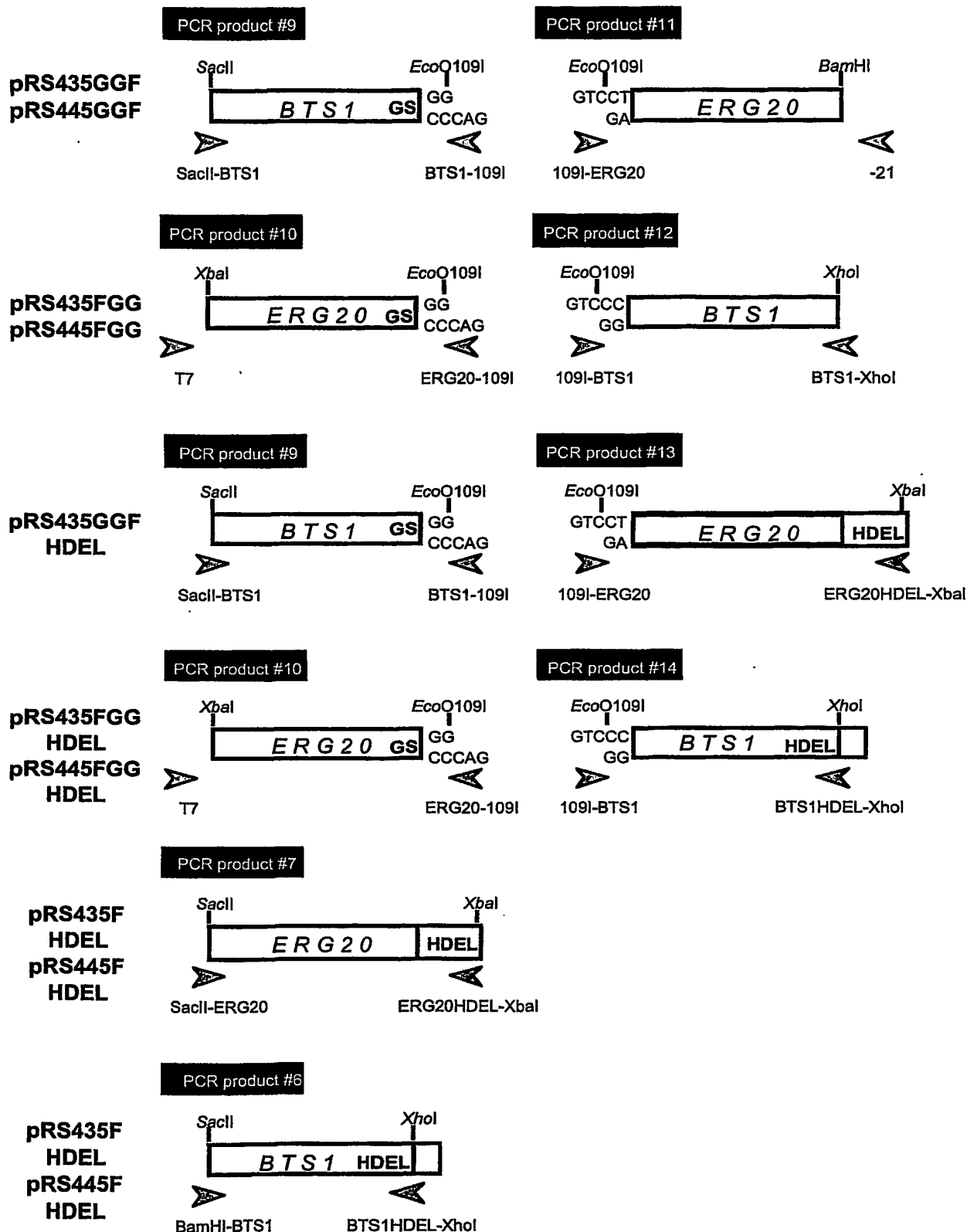
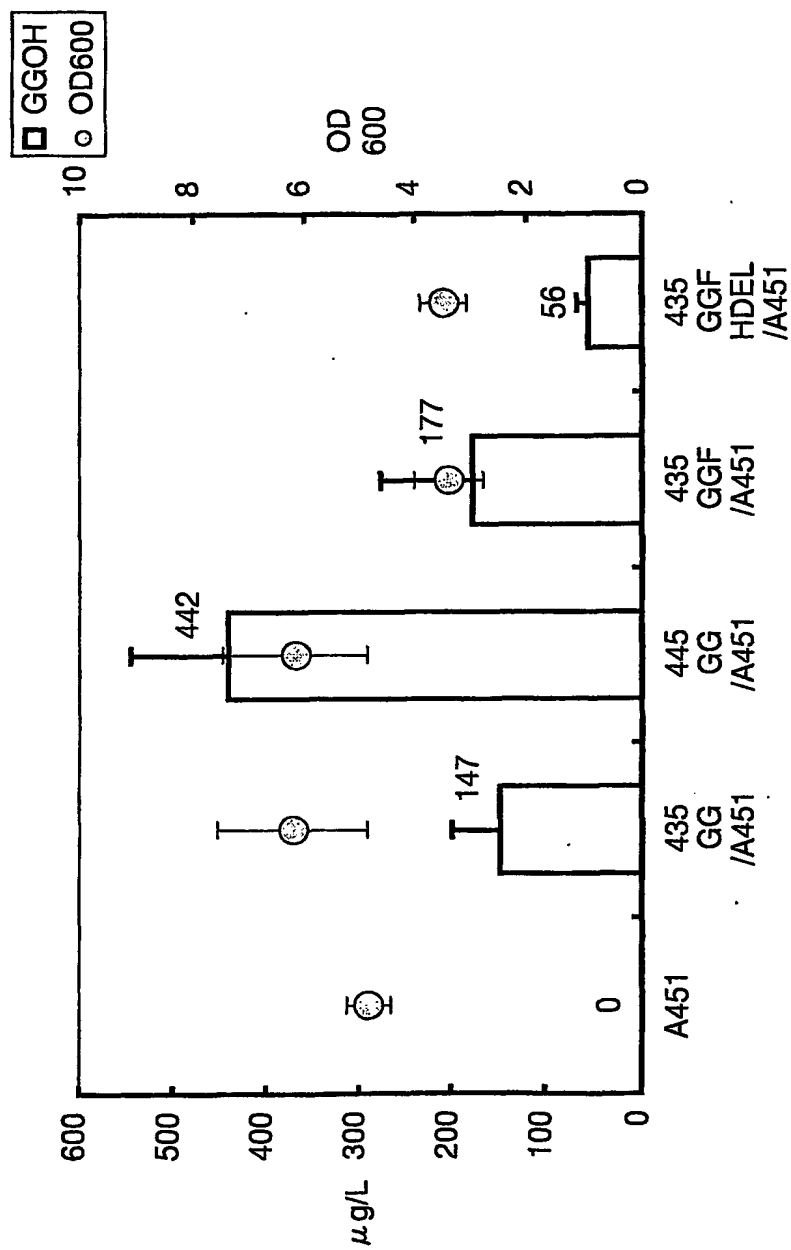
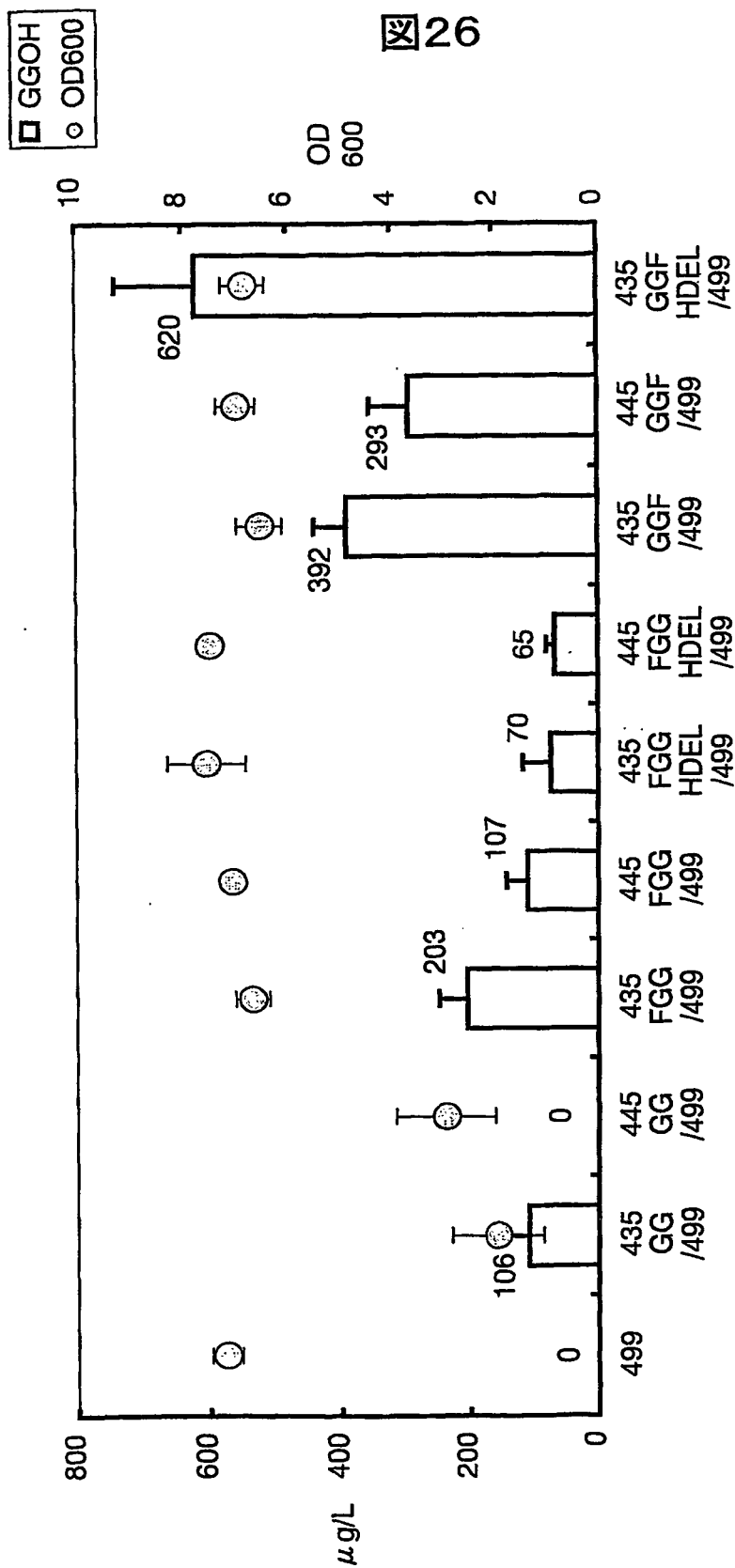
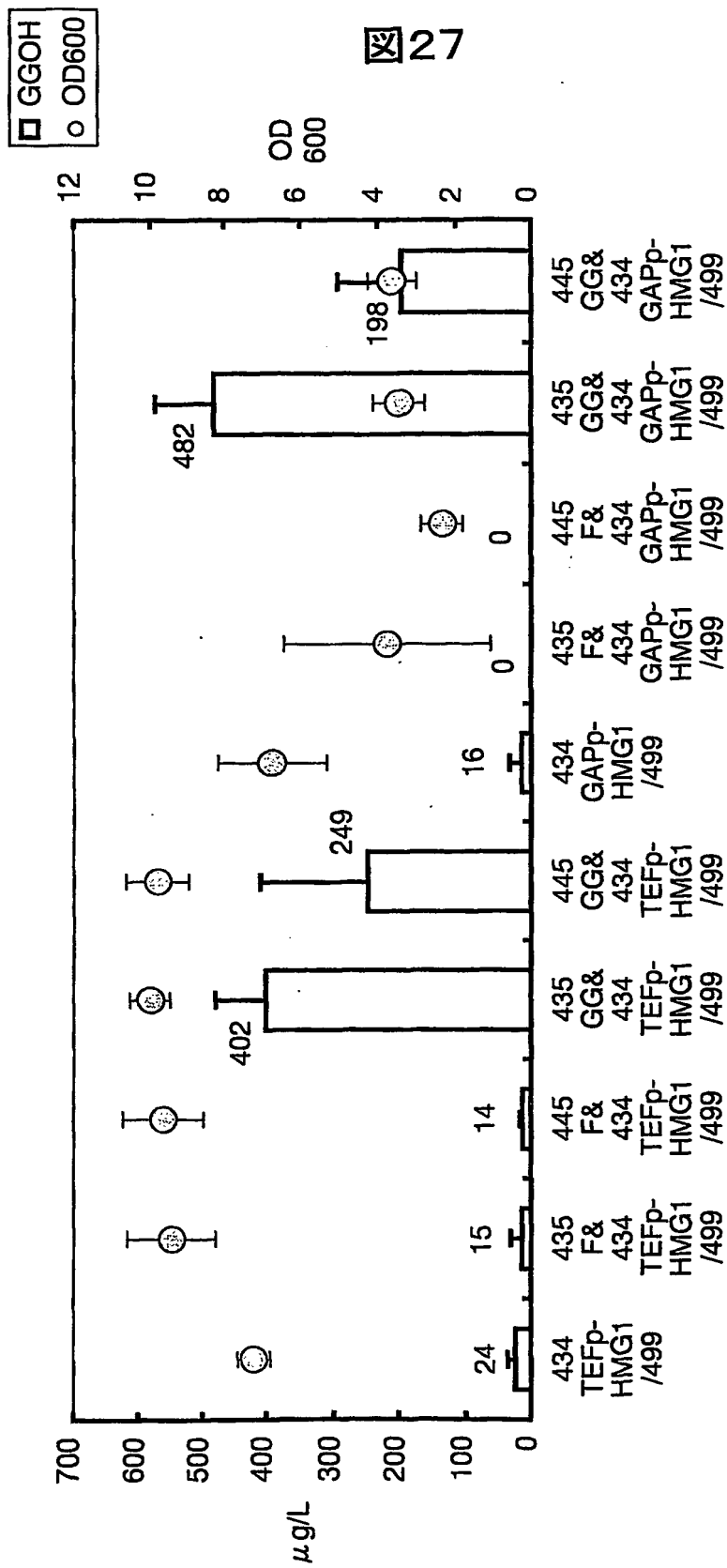


図25







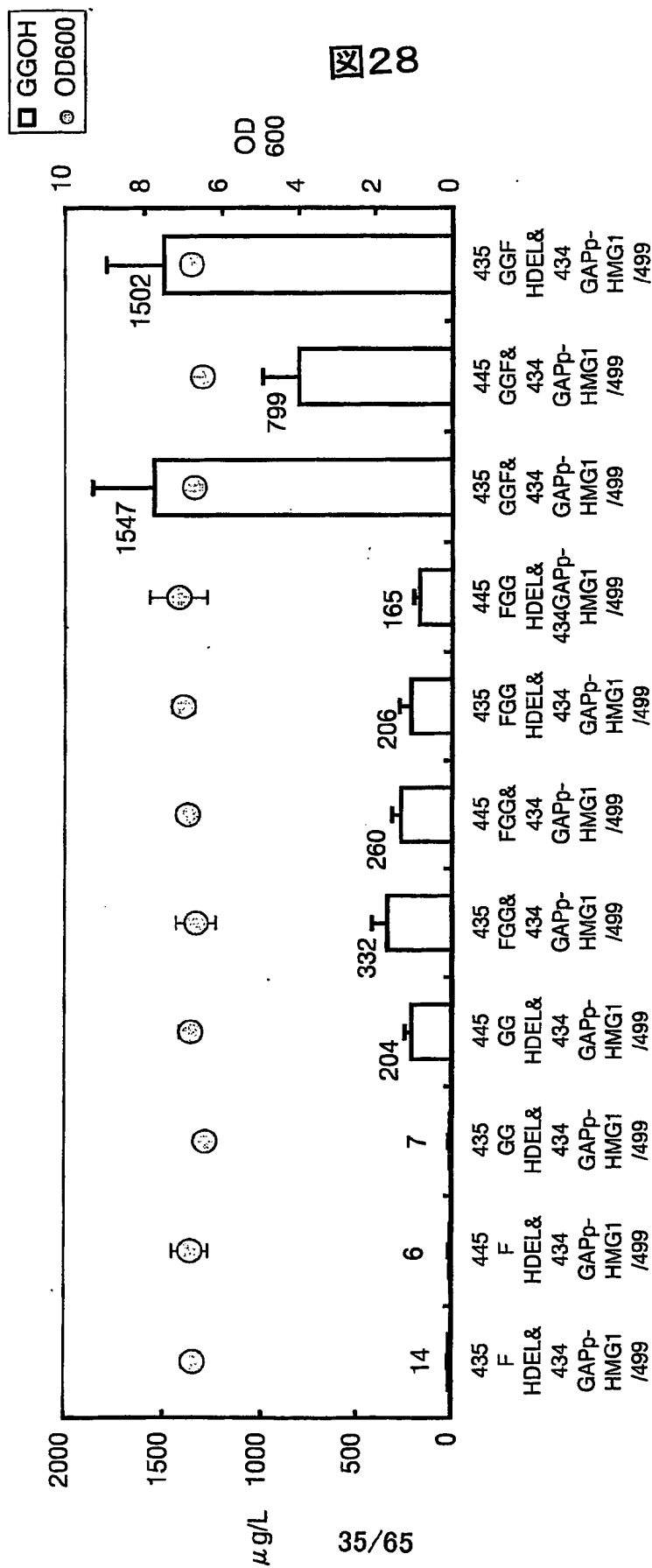
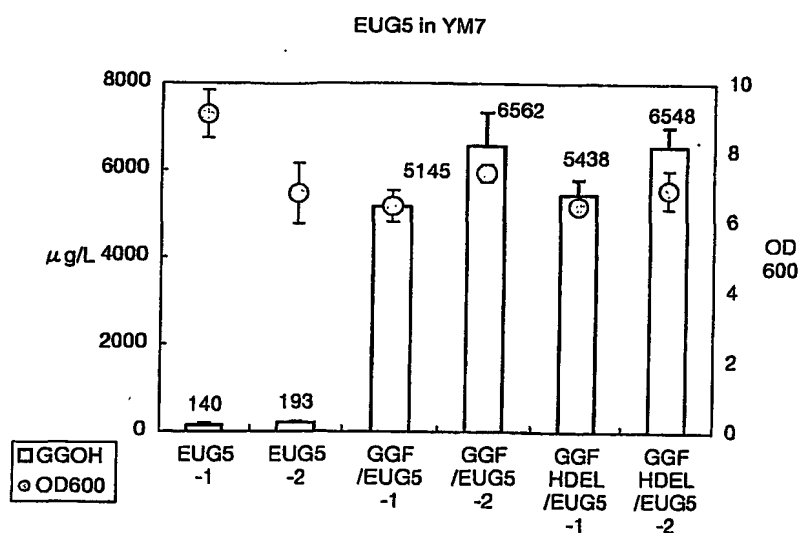
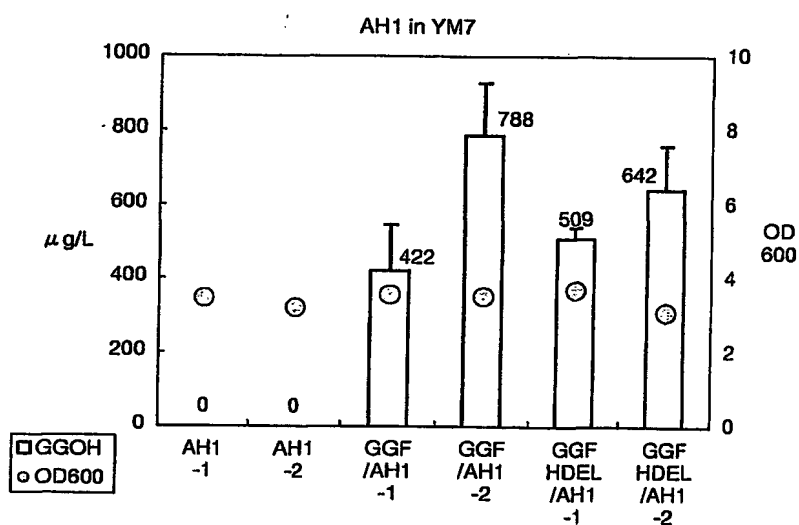
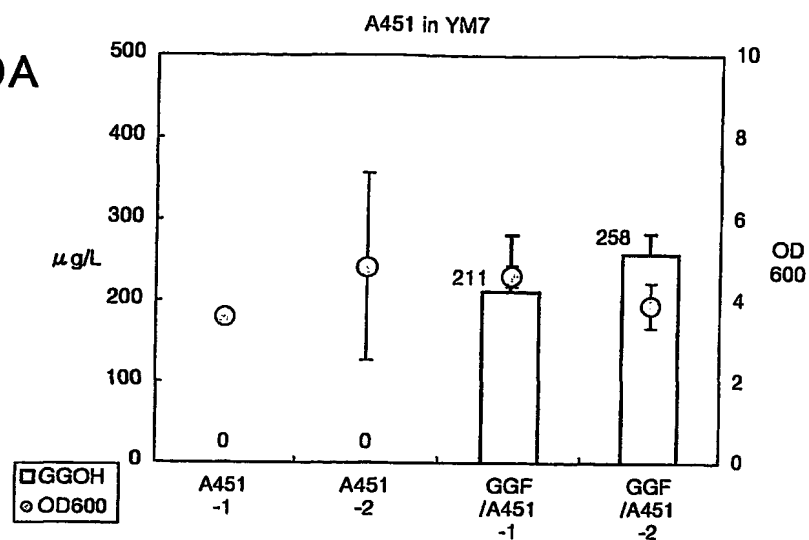
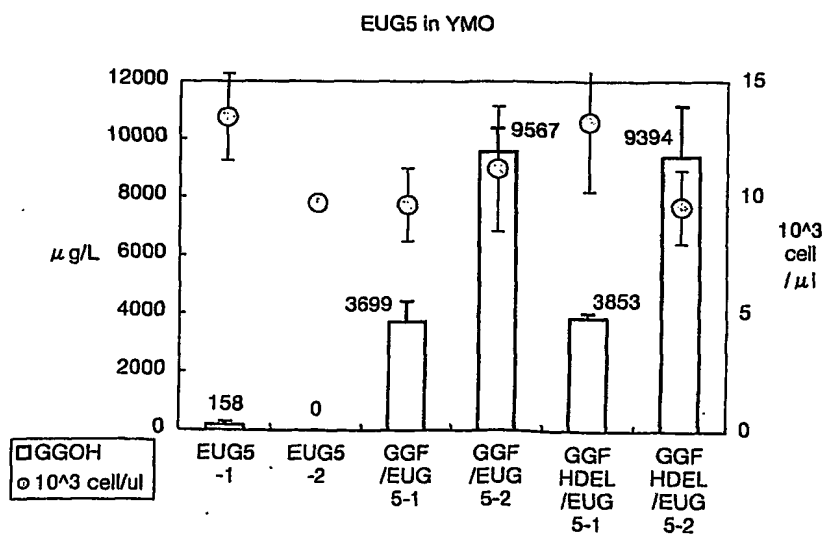
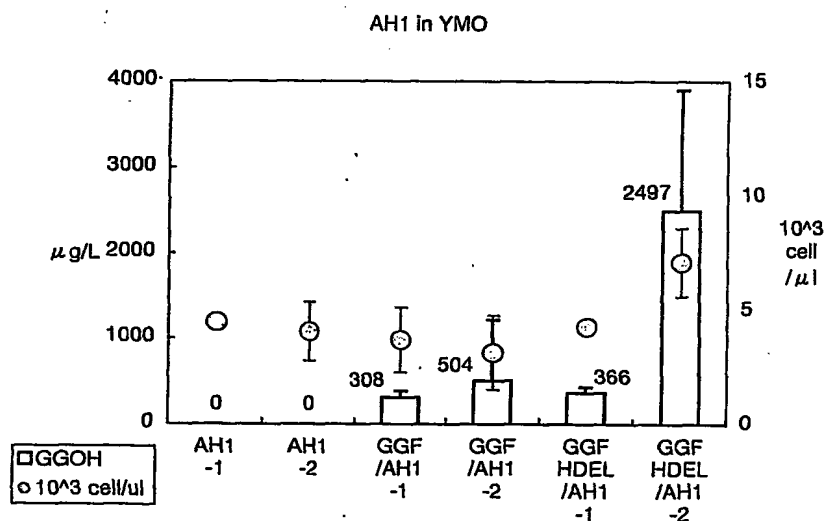
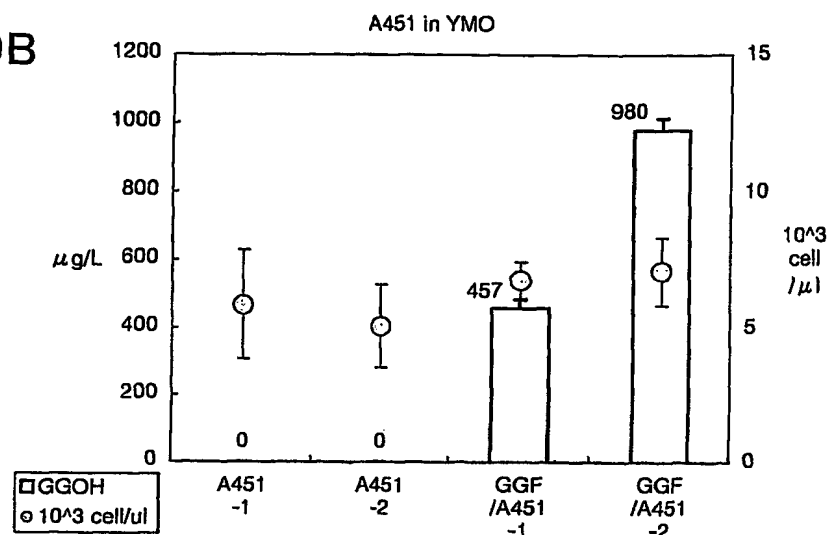


図29A



29B



30A

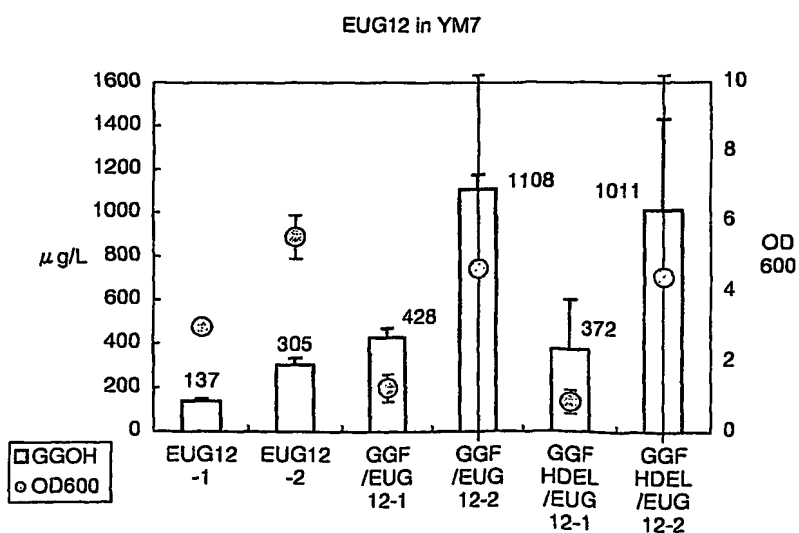
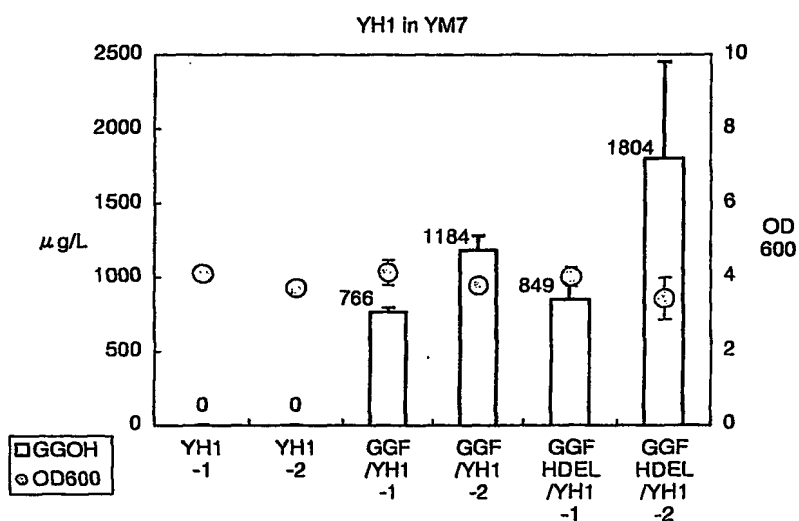
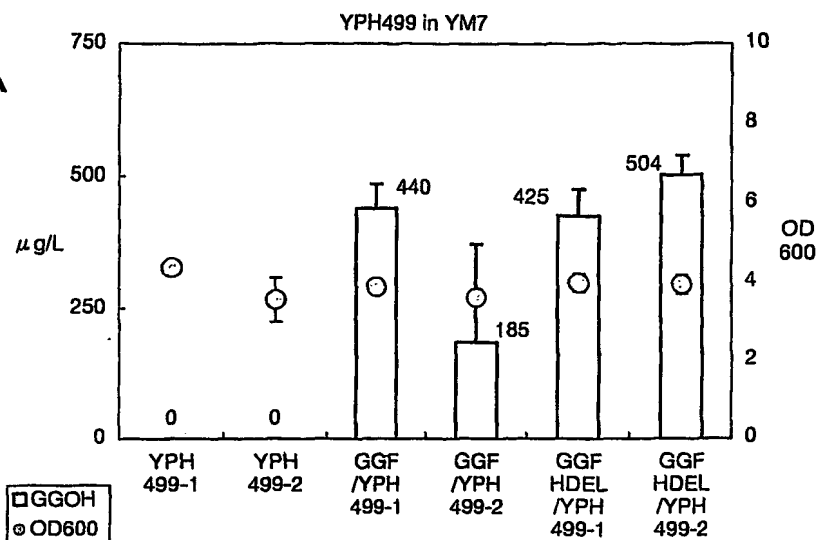


図30B

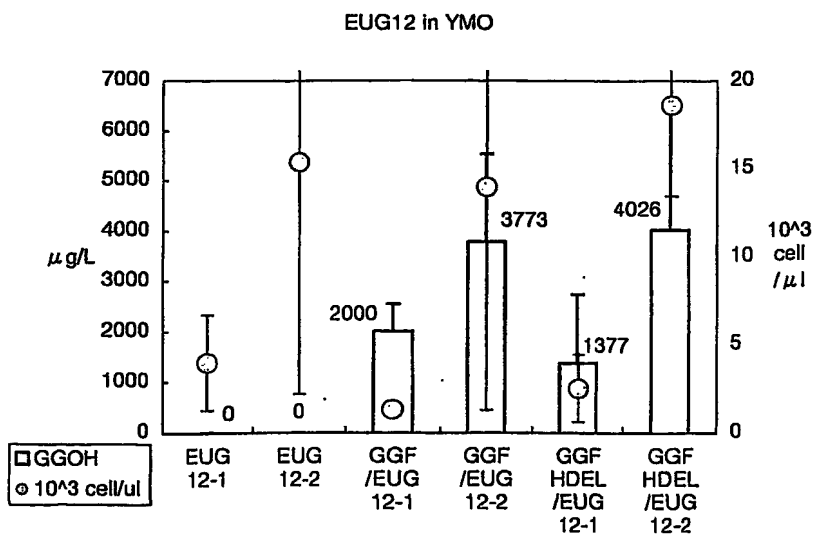
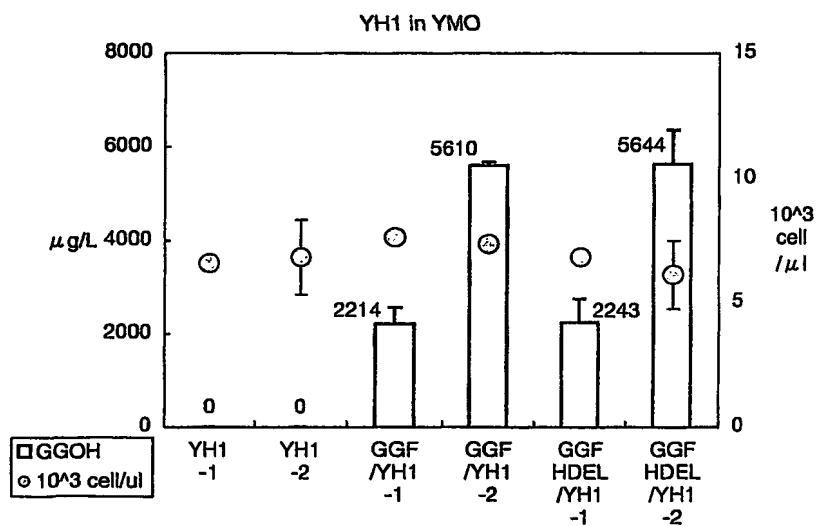
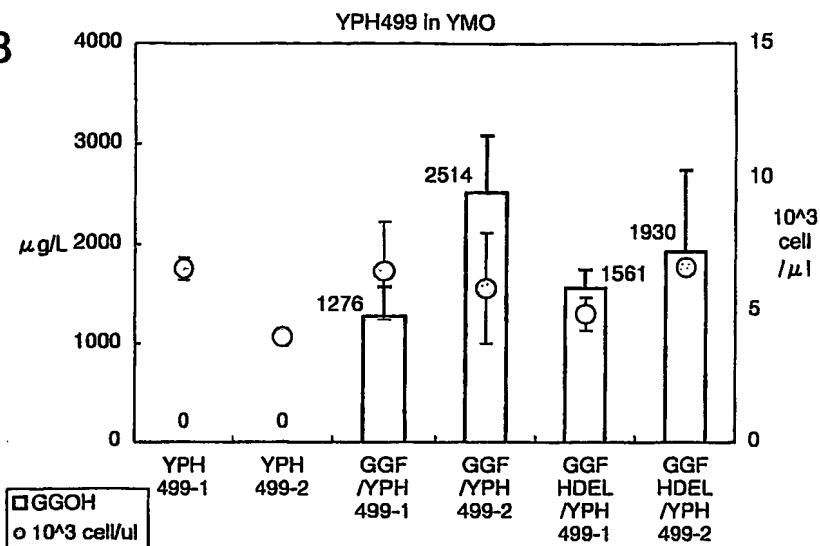


図 3 1 A

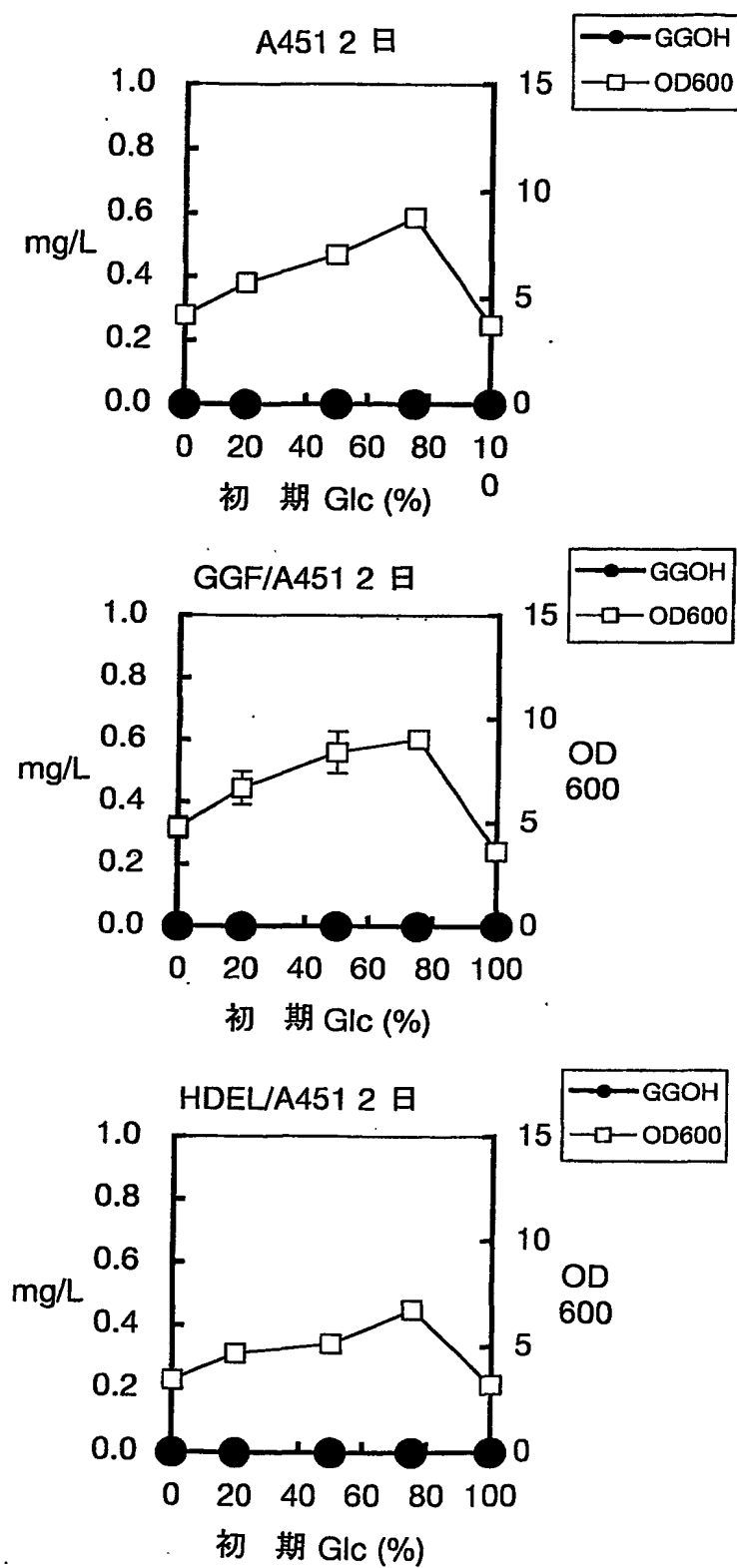


図 3 1 B

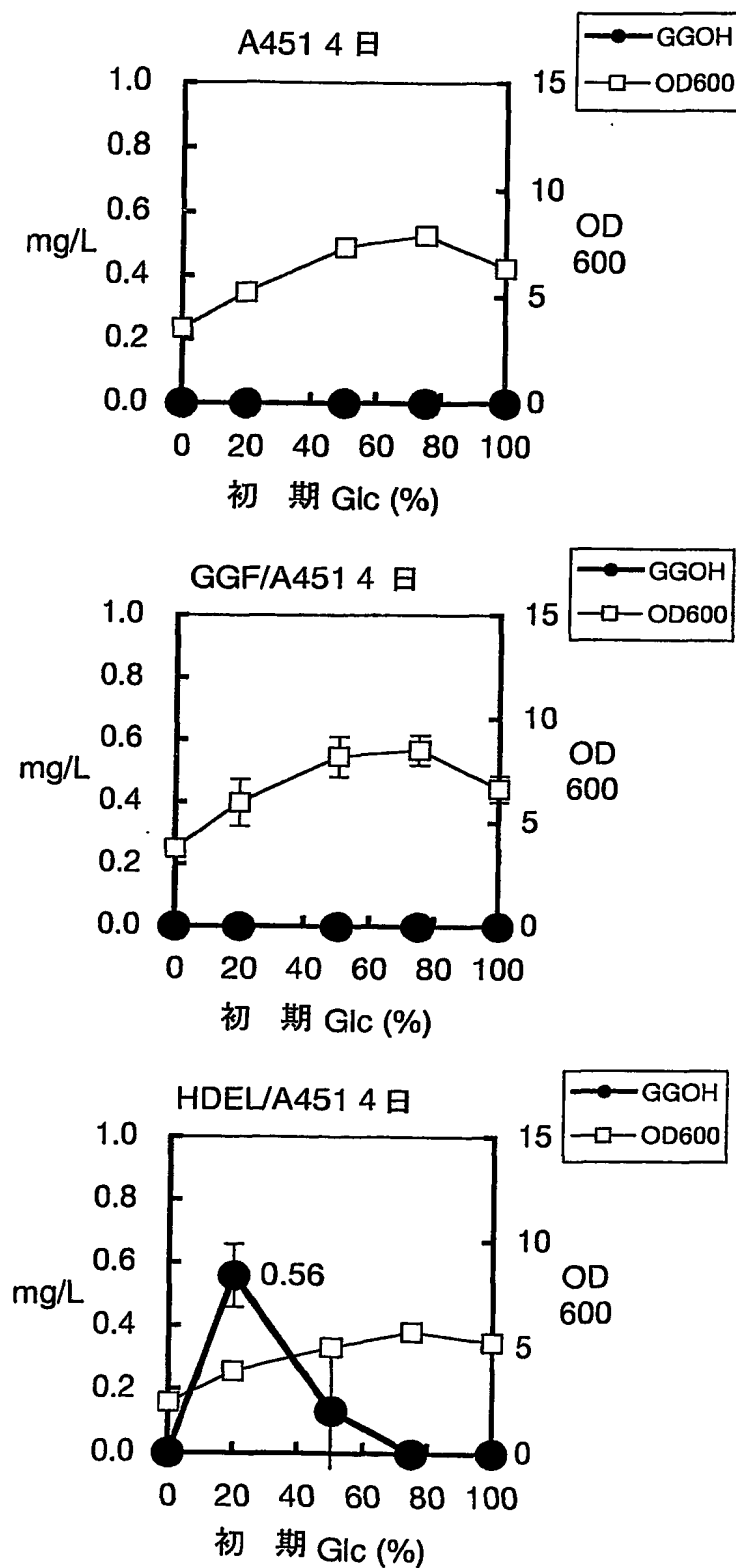


図 3 1 C

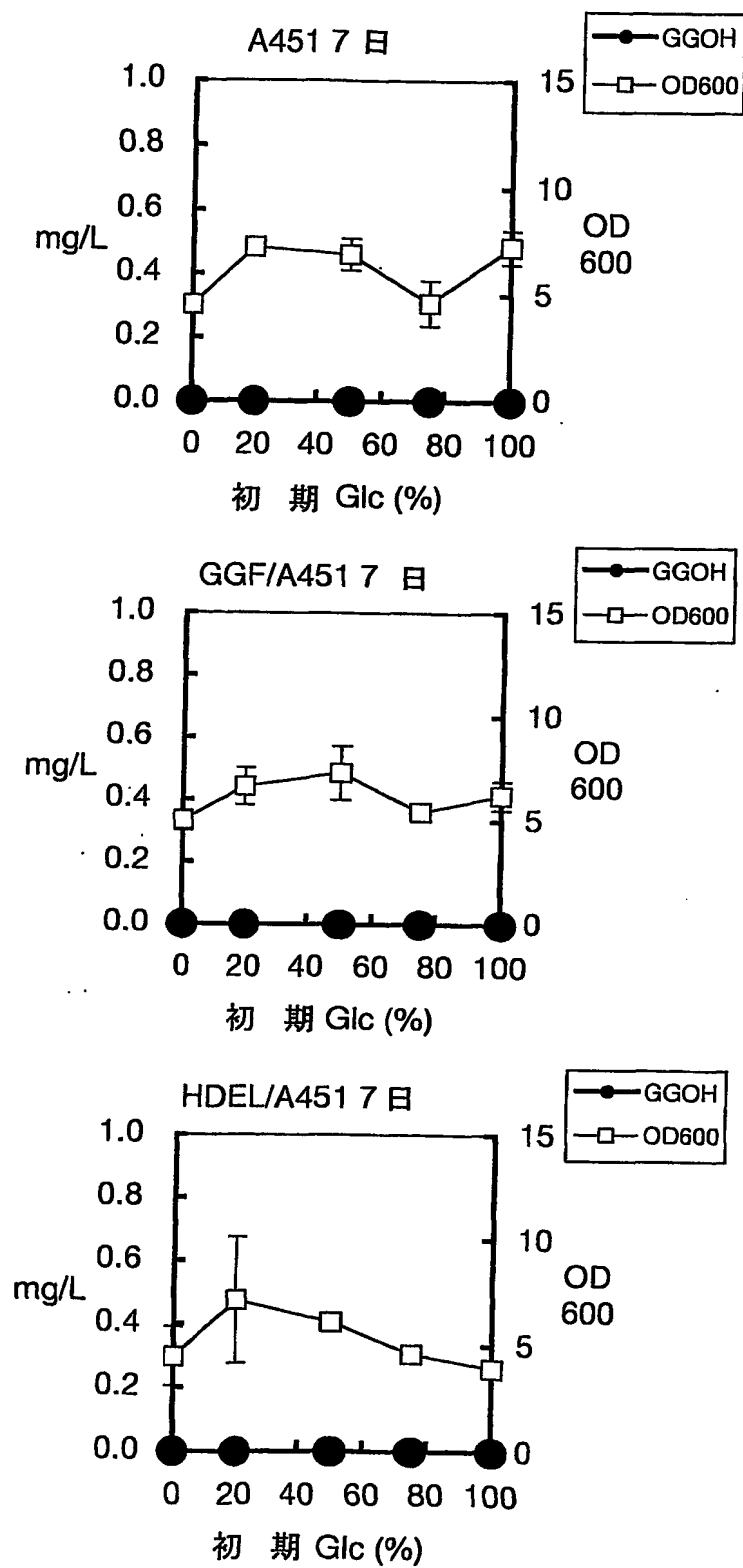


図 3 2 A

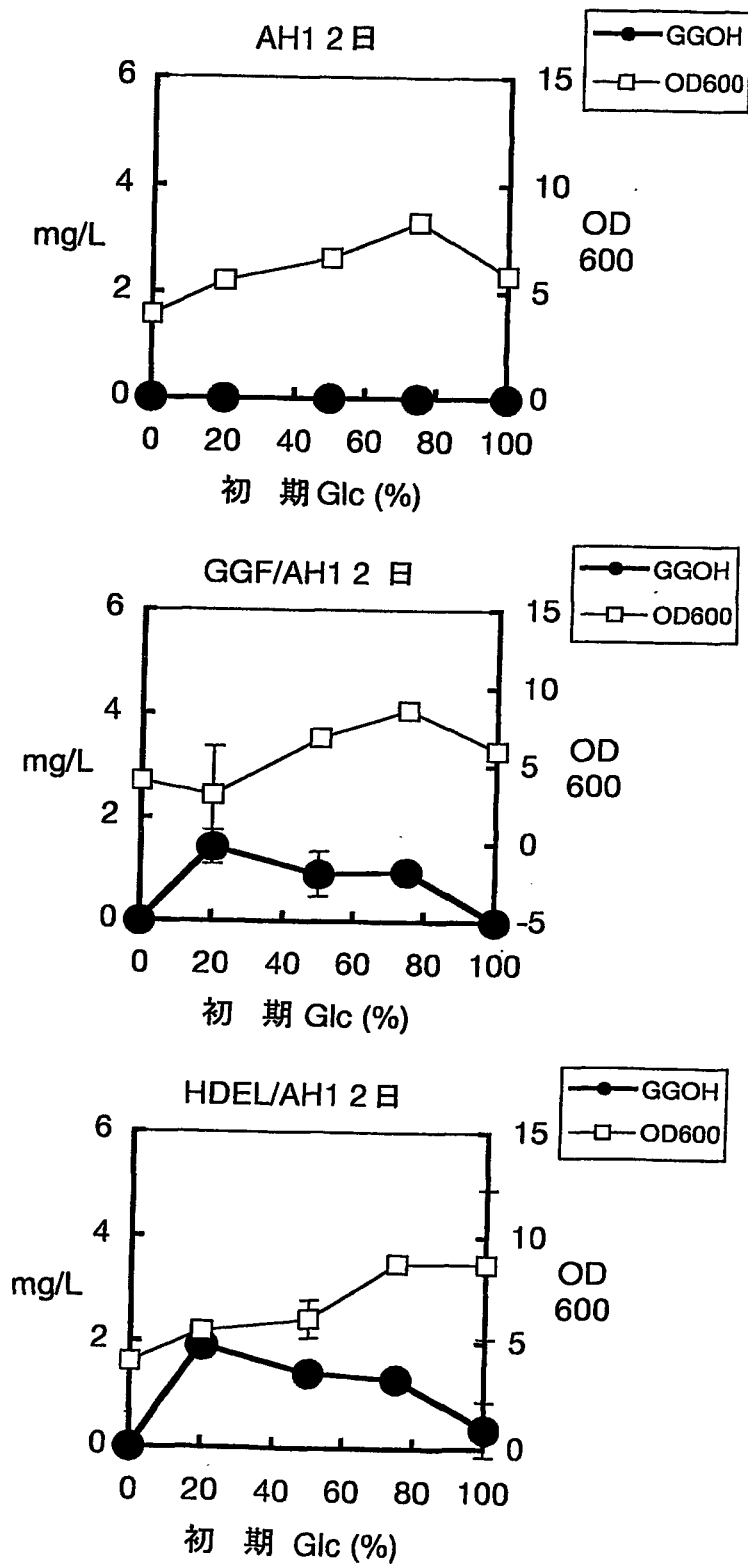


図 3 2 B

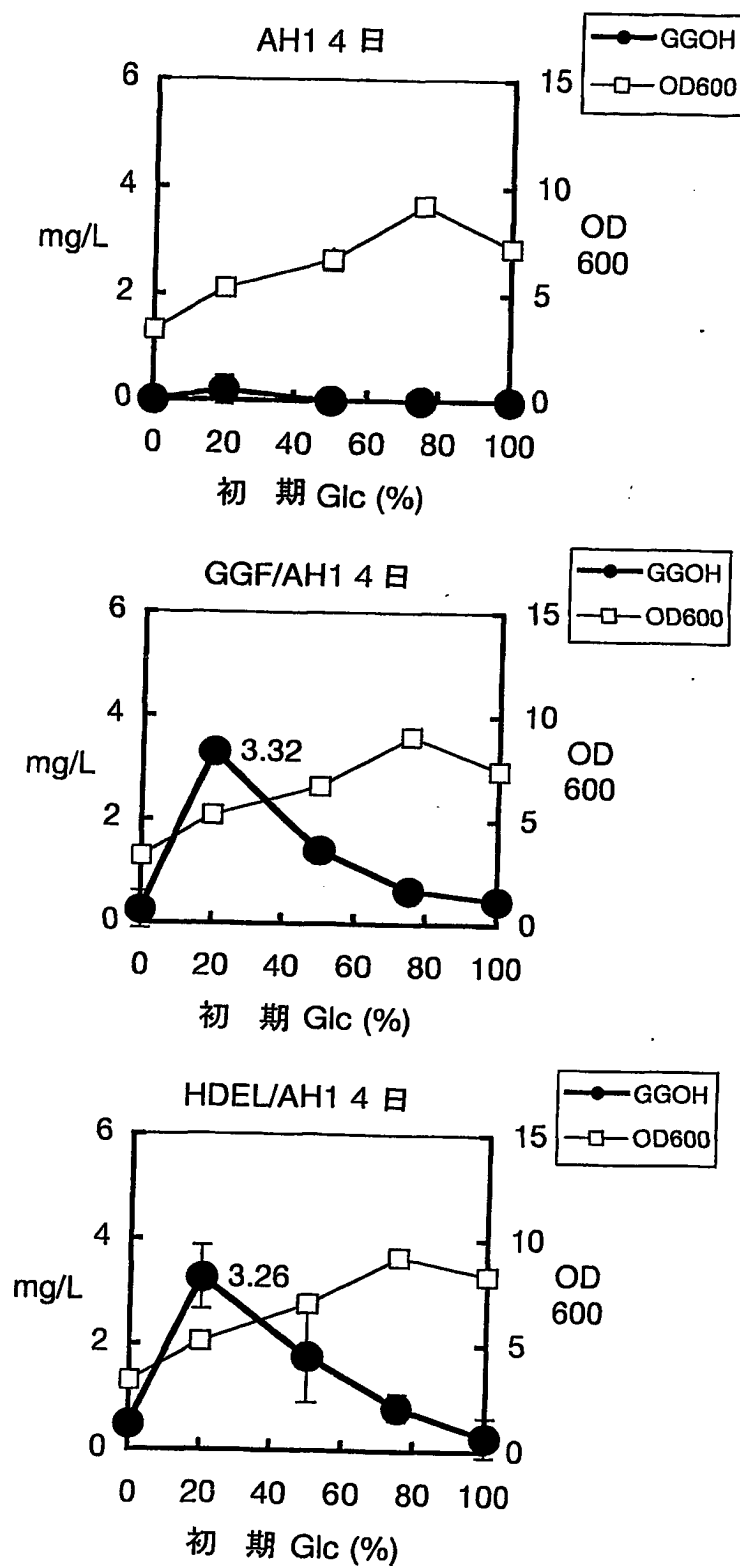


図 3 2 C

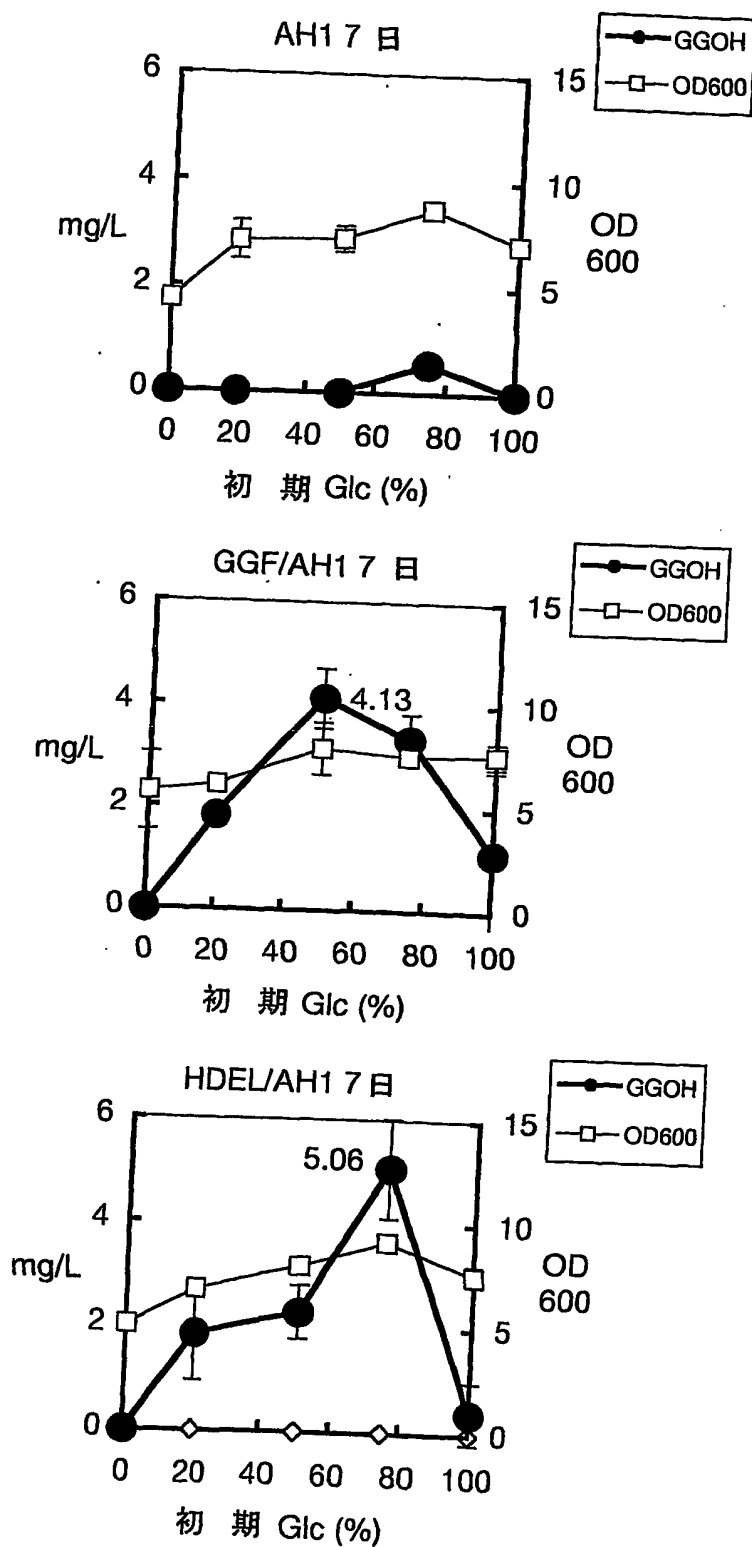


図 3 3 A

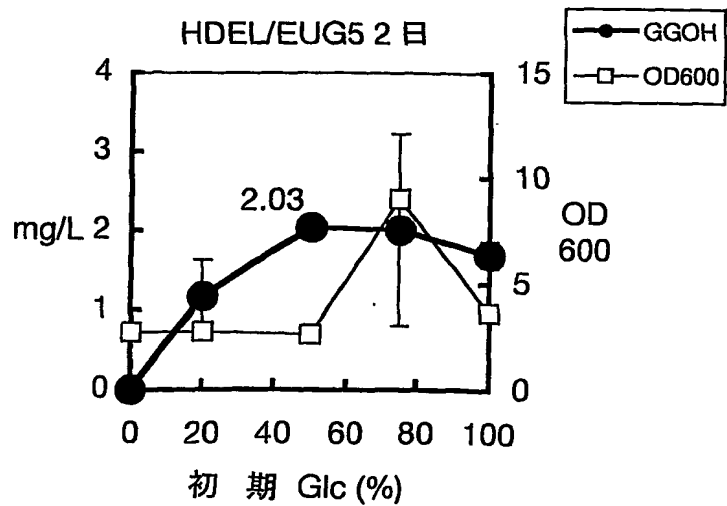
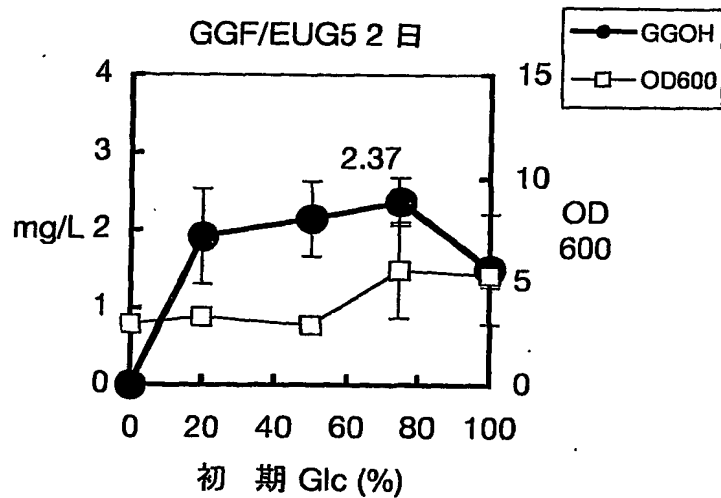
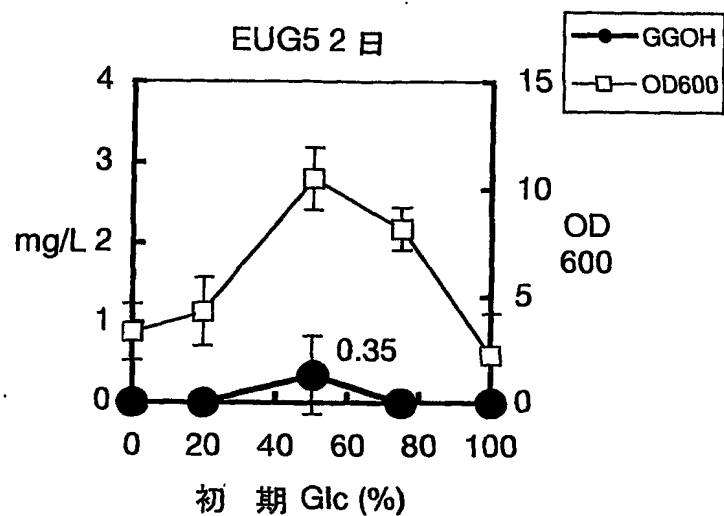


図 3 3 B

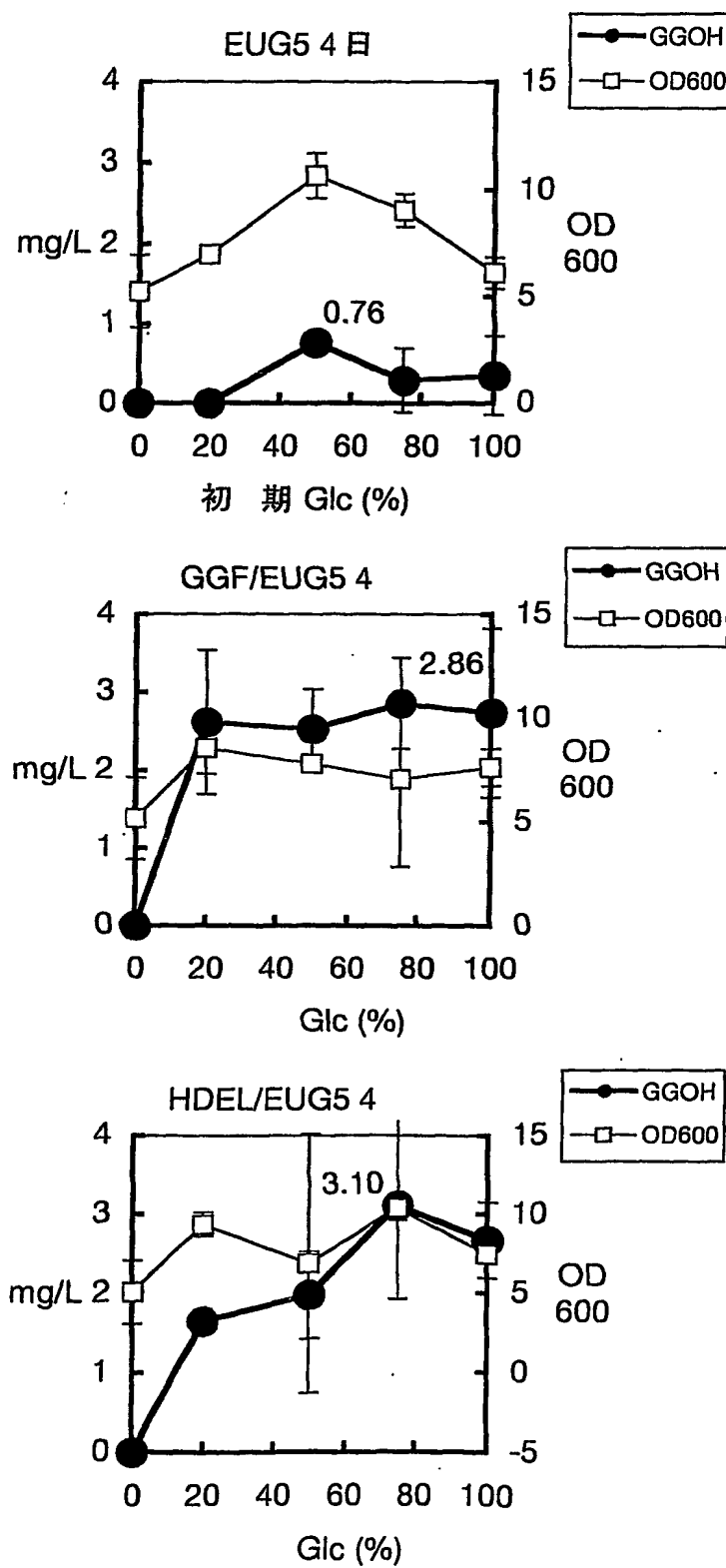


図 3 3 C

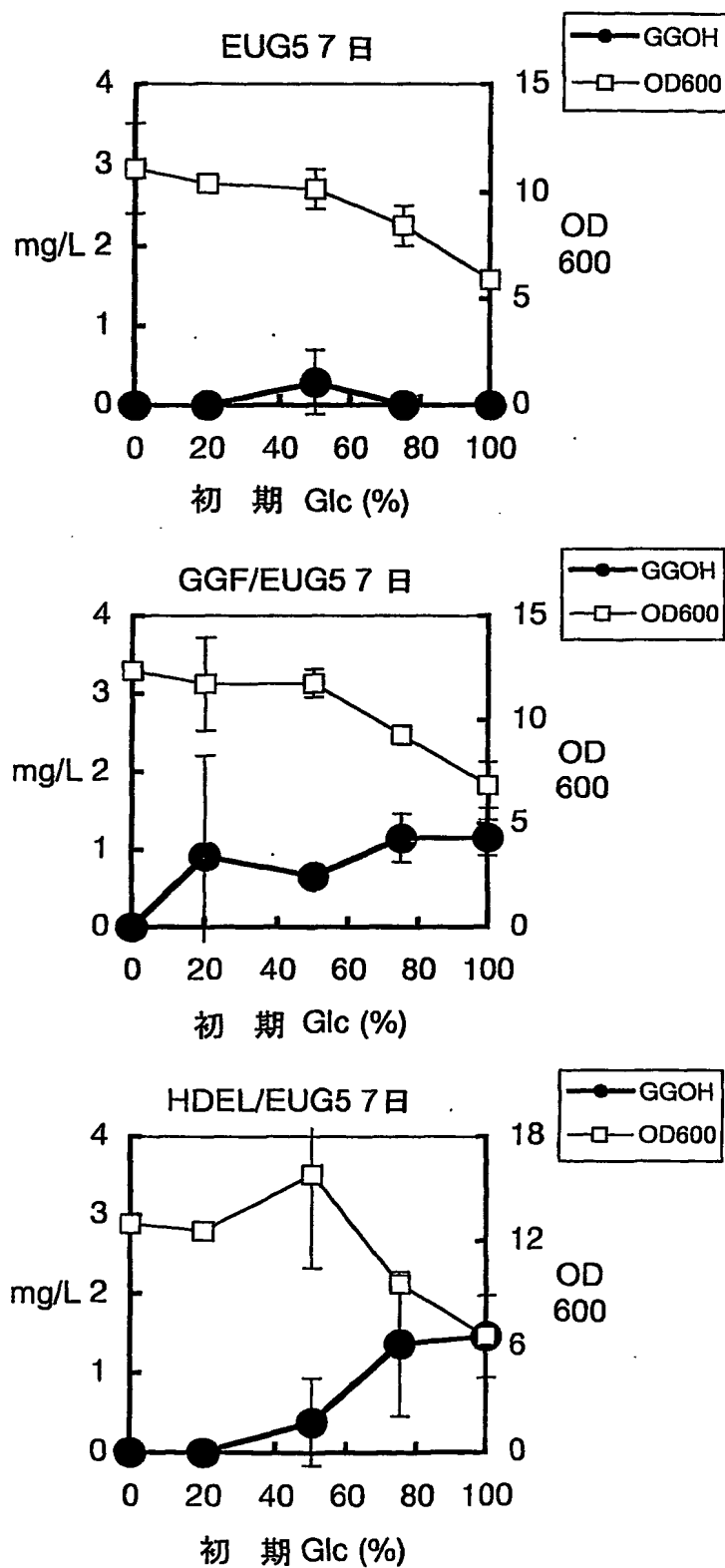


図 3 4 A

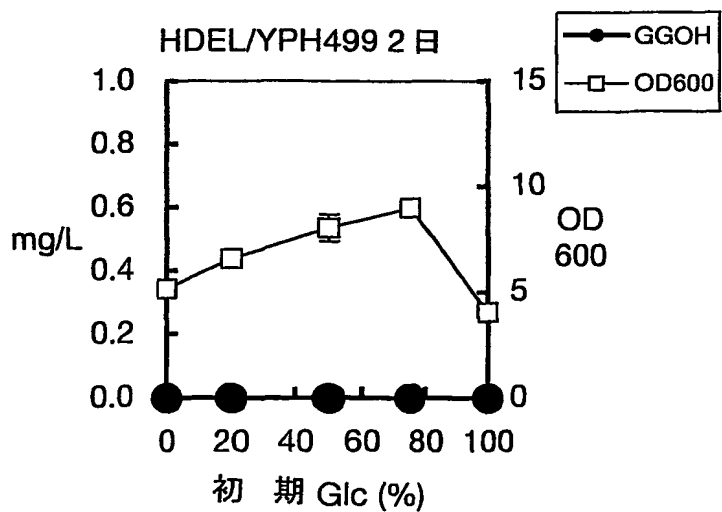
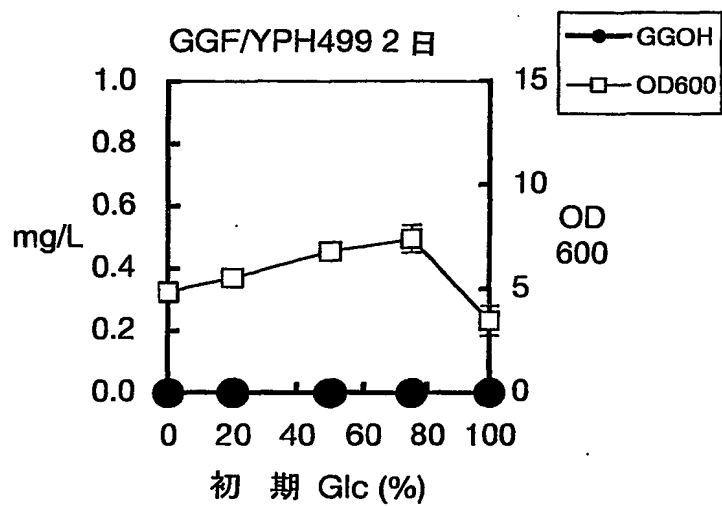
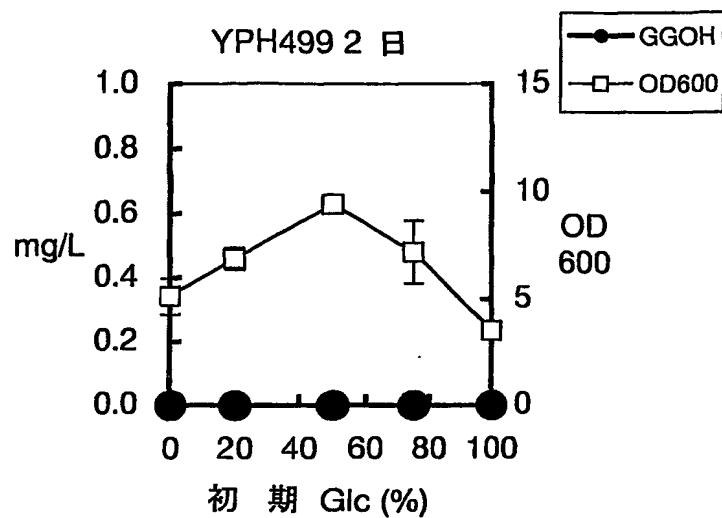


図 3 4 B

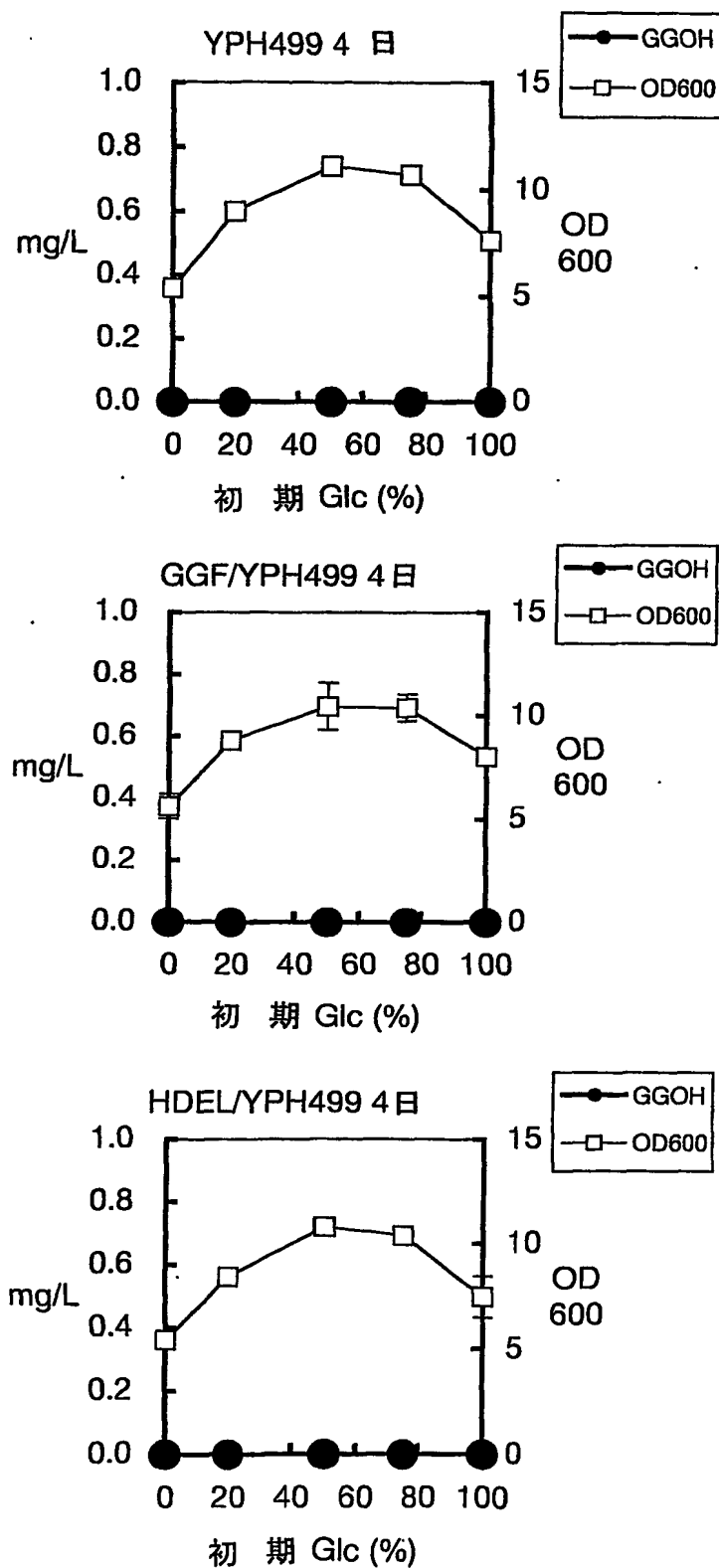


図 3 4 C

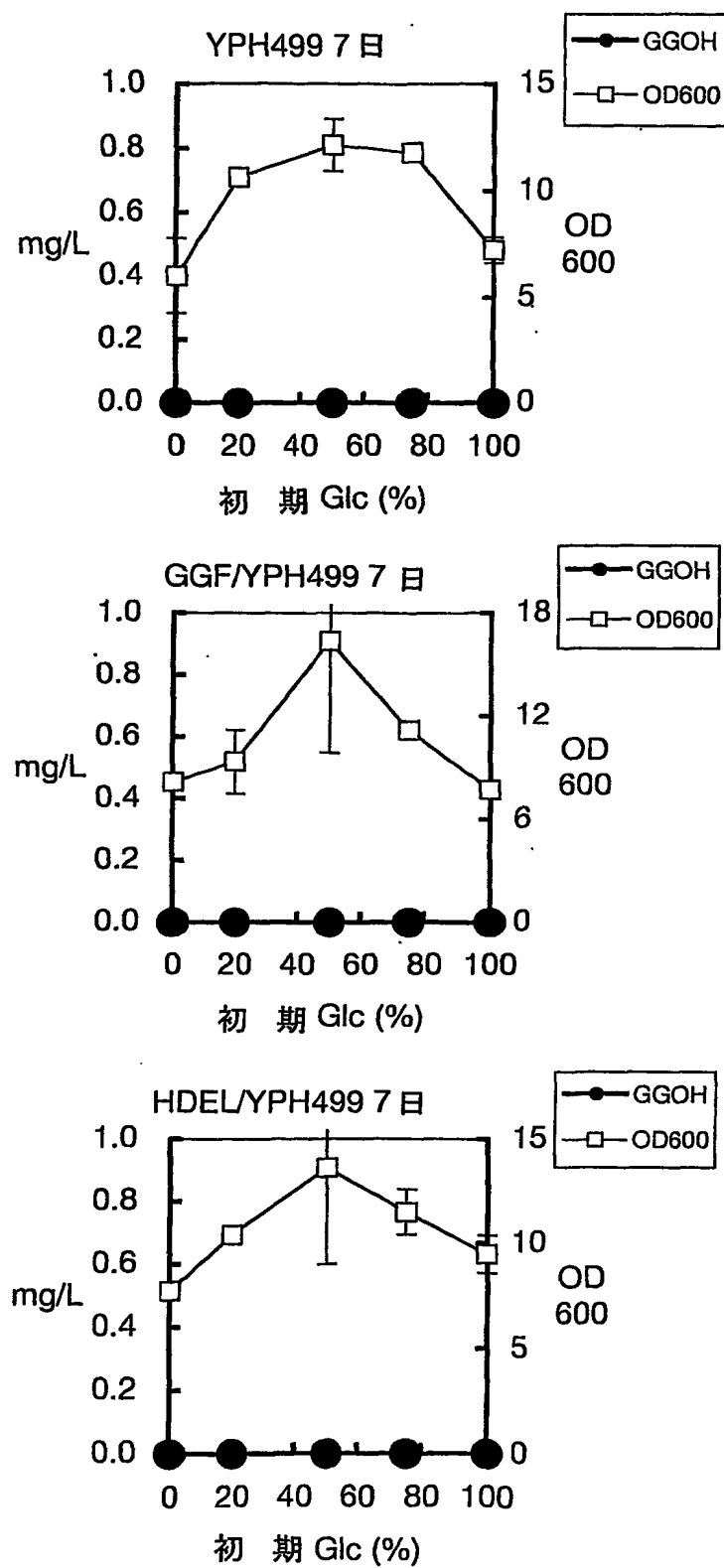


図 3 5 A

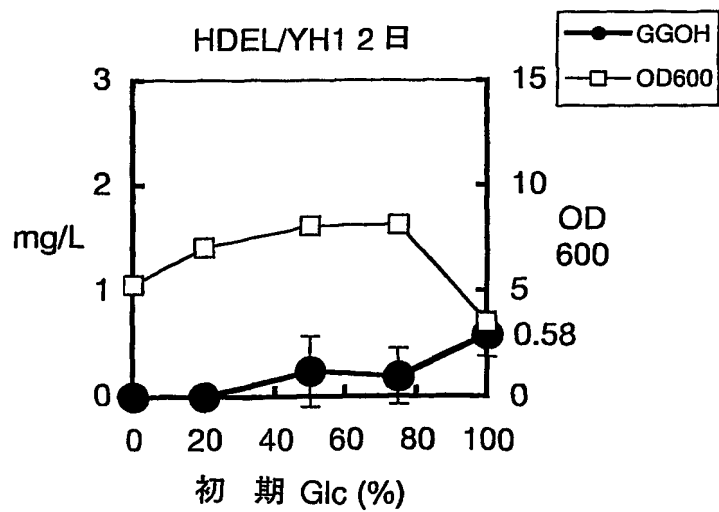
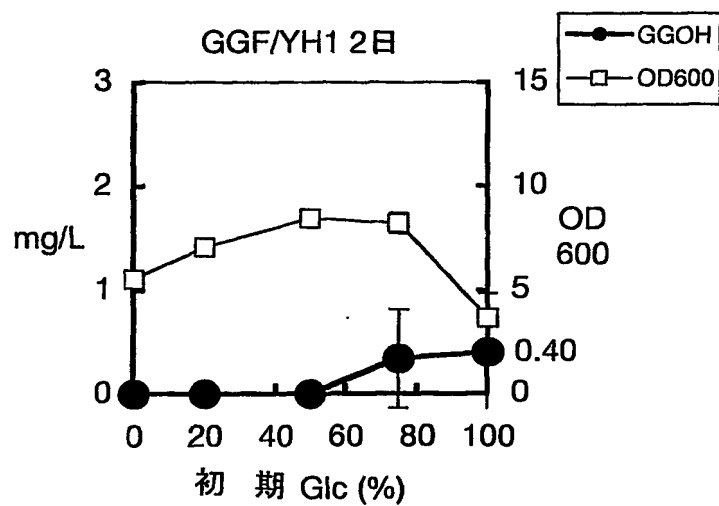
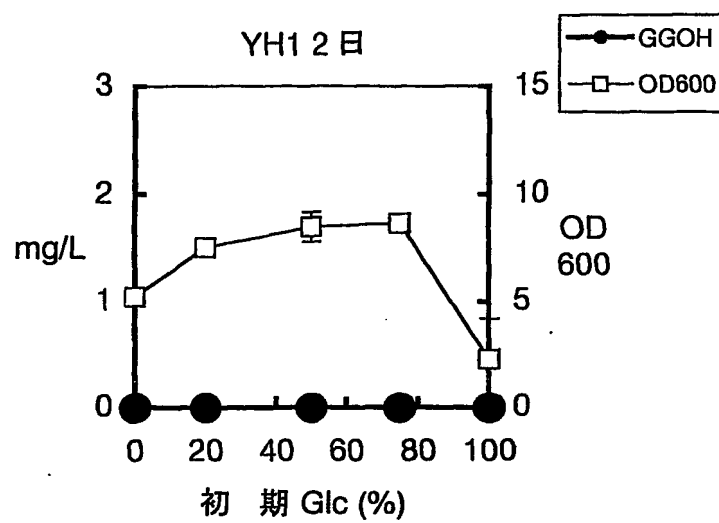


図 3 5 B

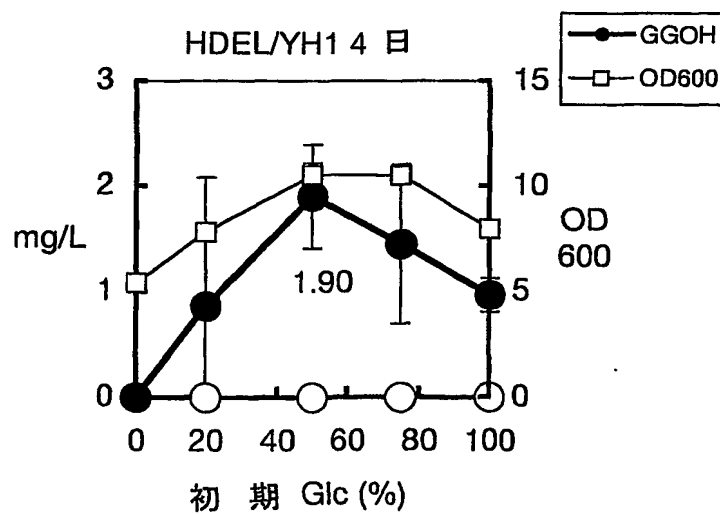
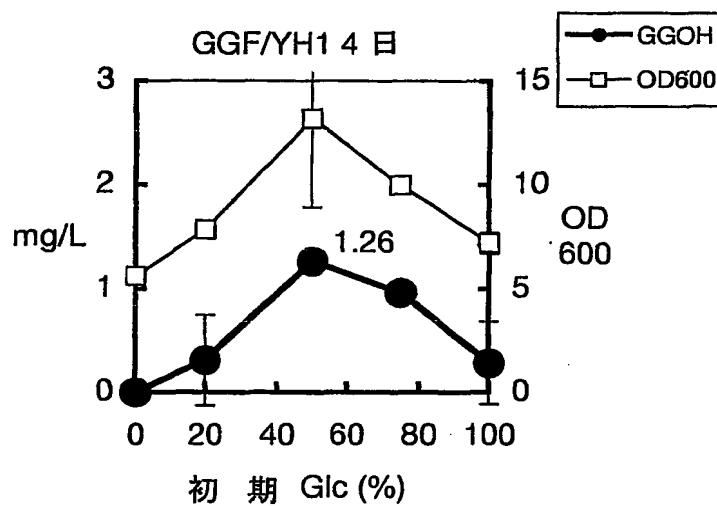
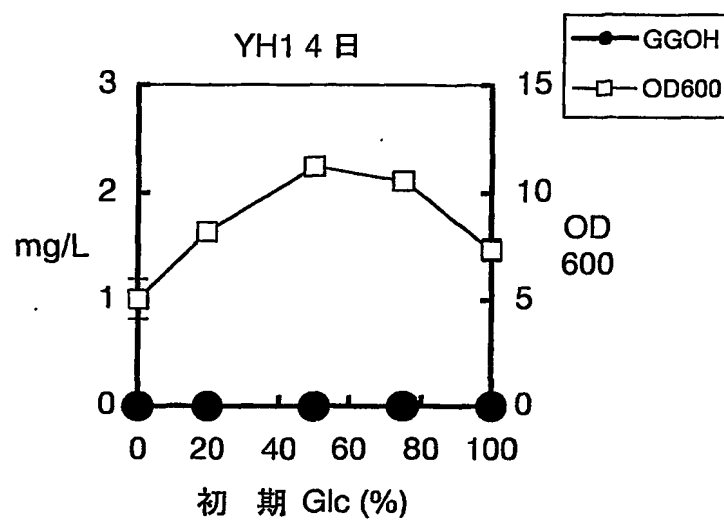


図 3 5 C

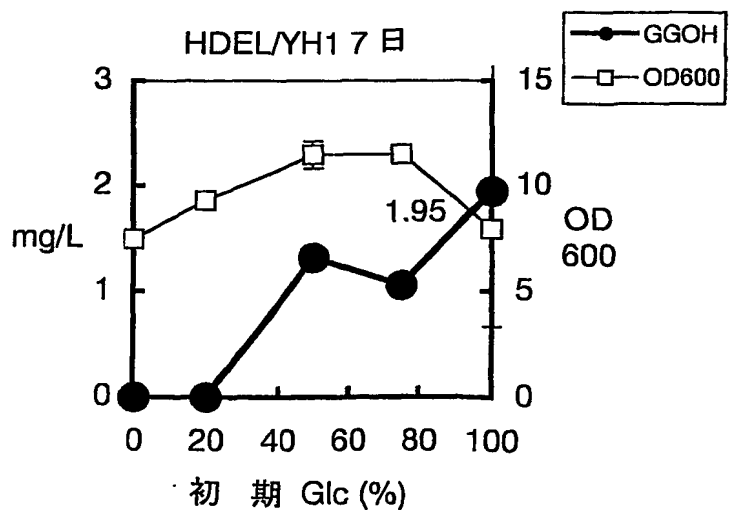
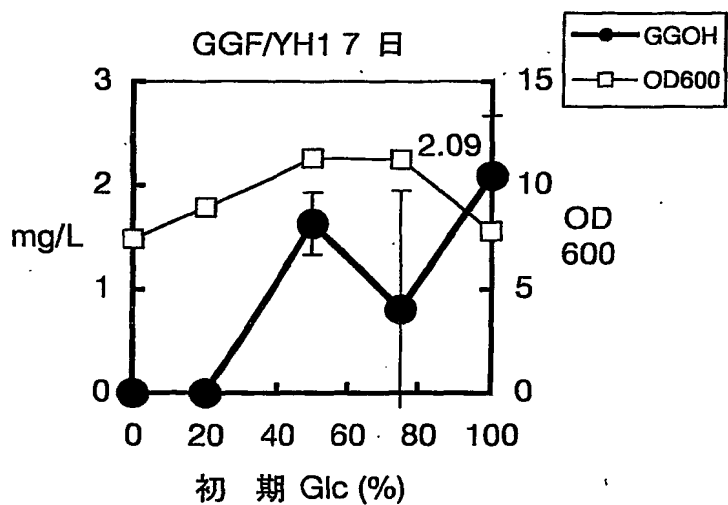
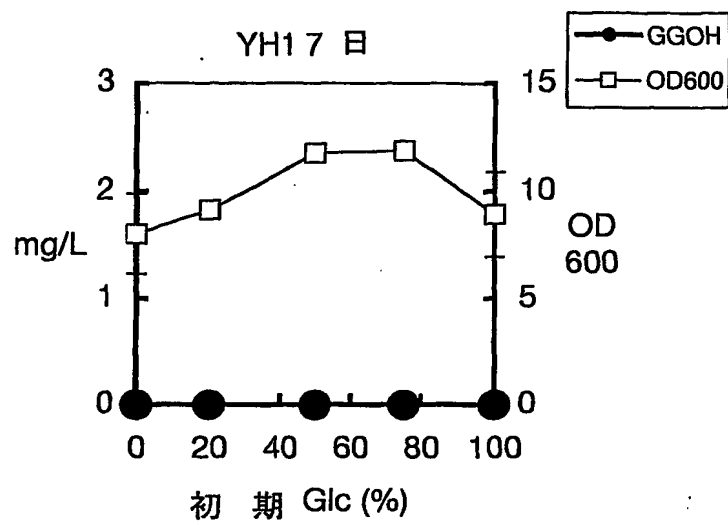


図 3 6 A

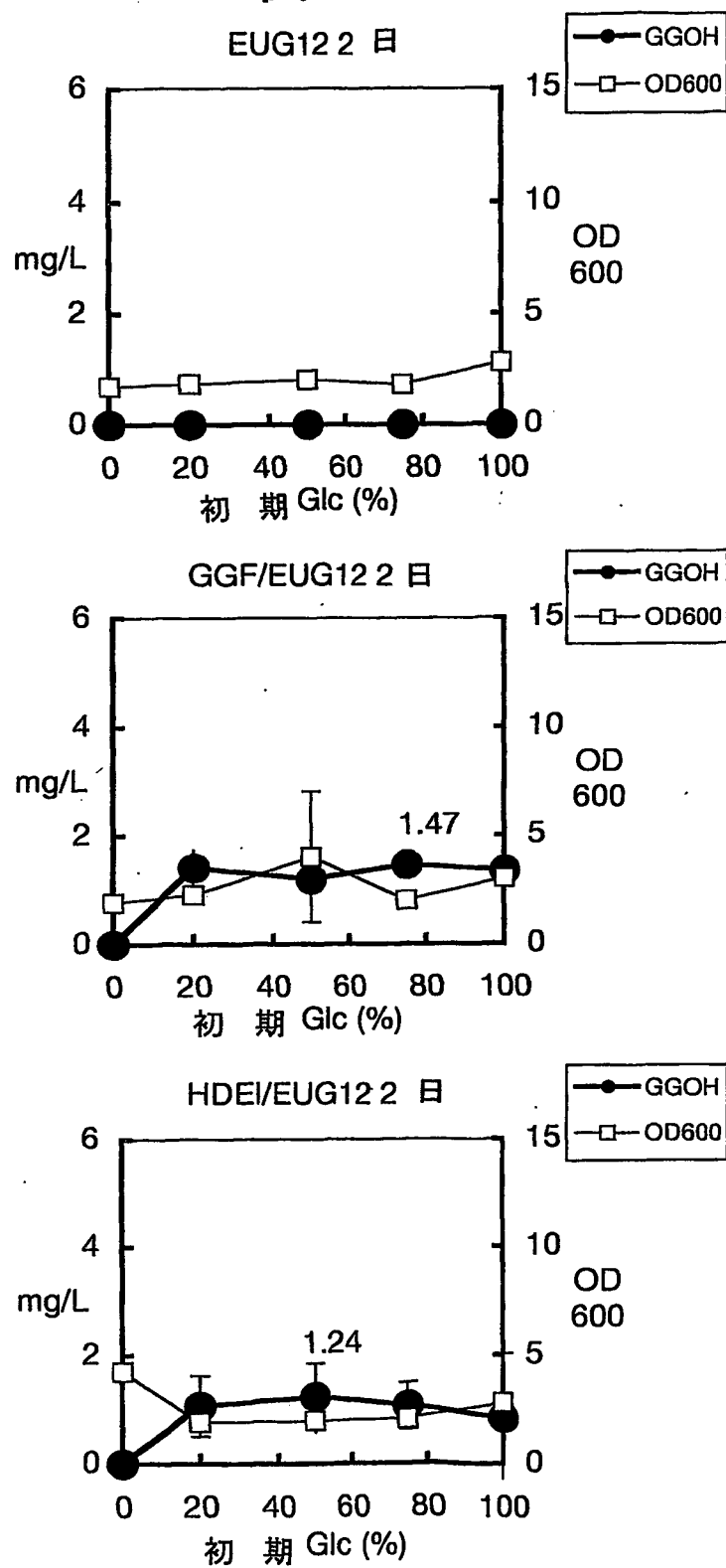


図 3 6 B

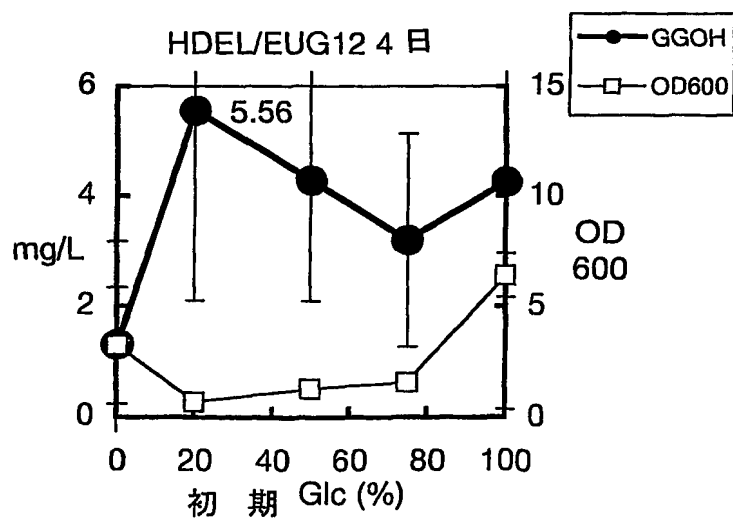
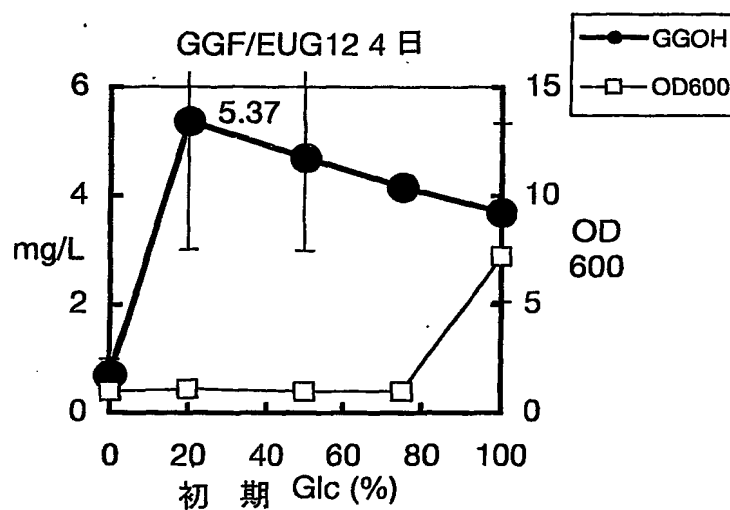
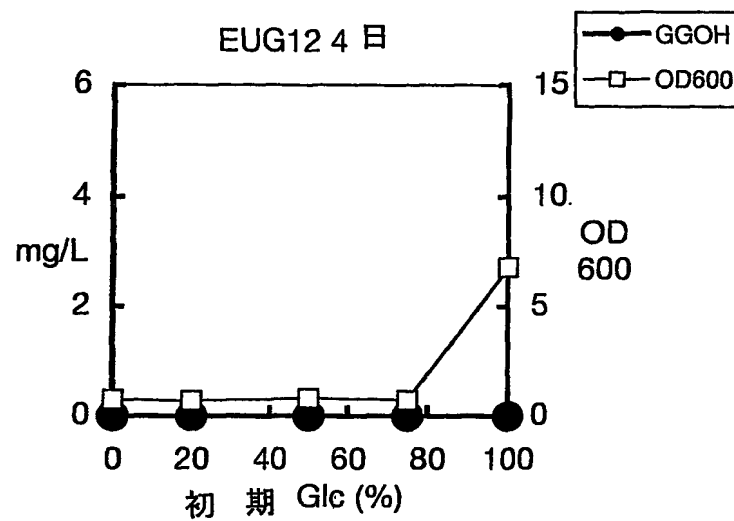


図 3 6 C

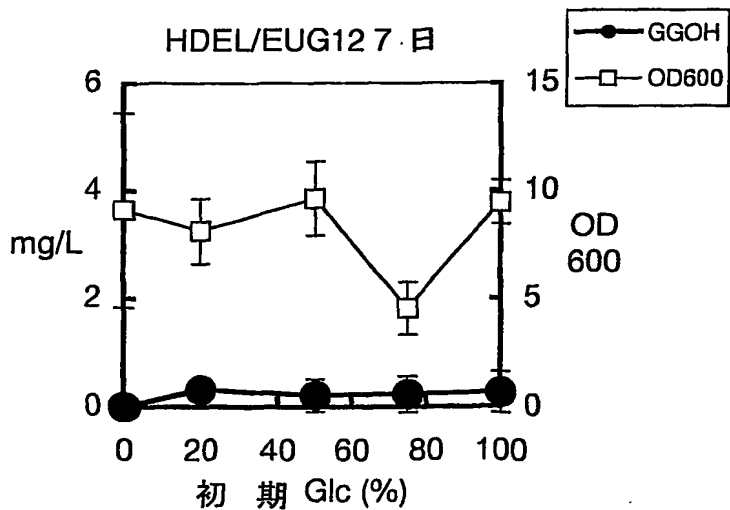
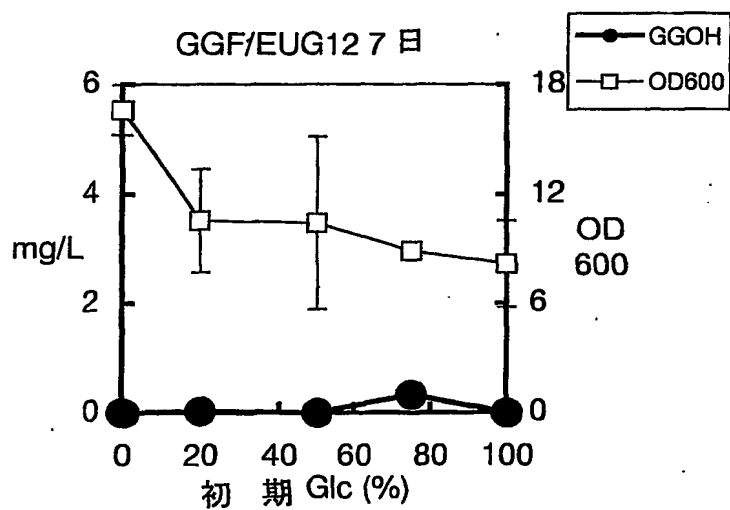
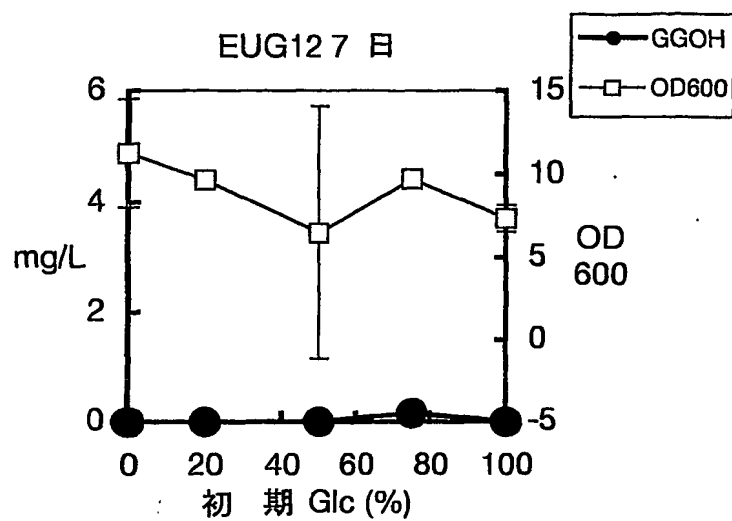


図37

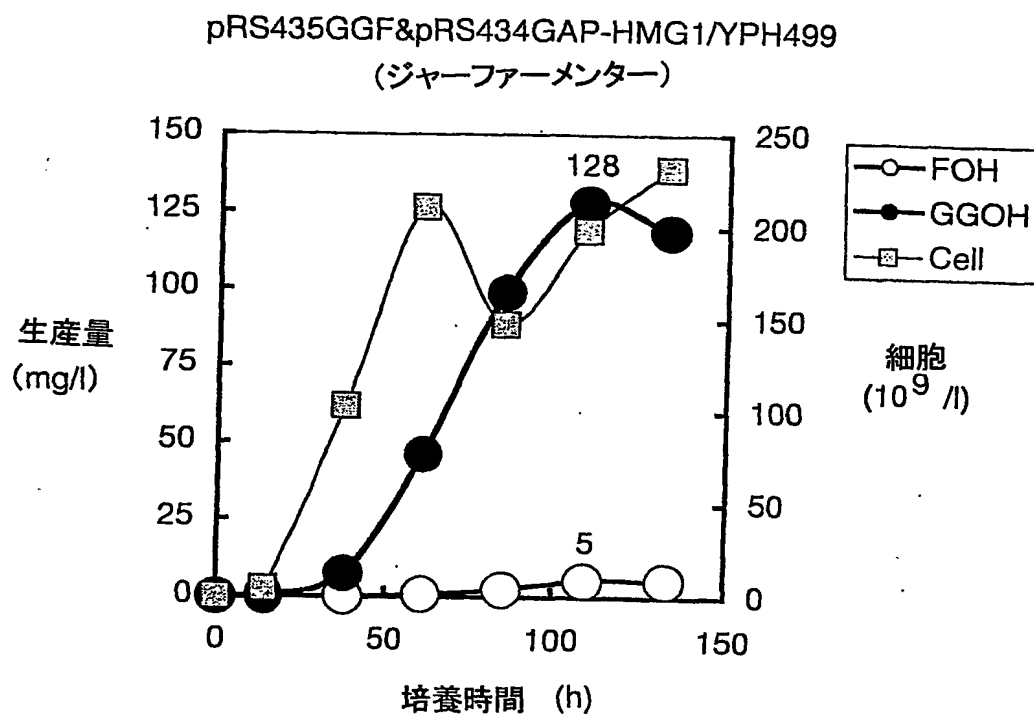
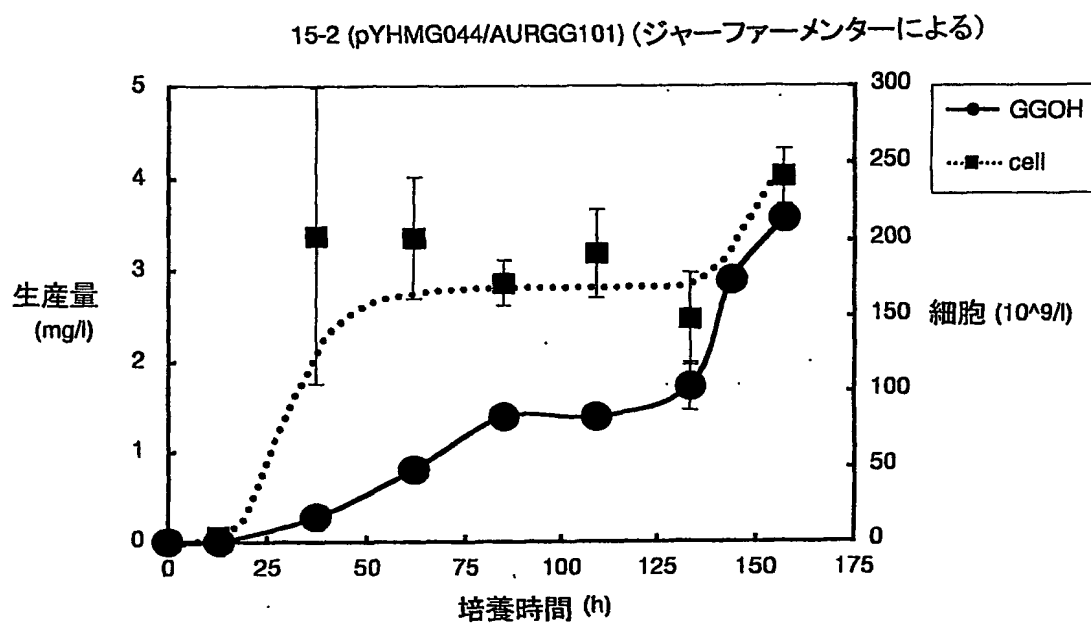


図38



39

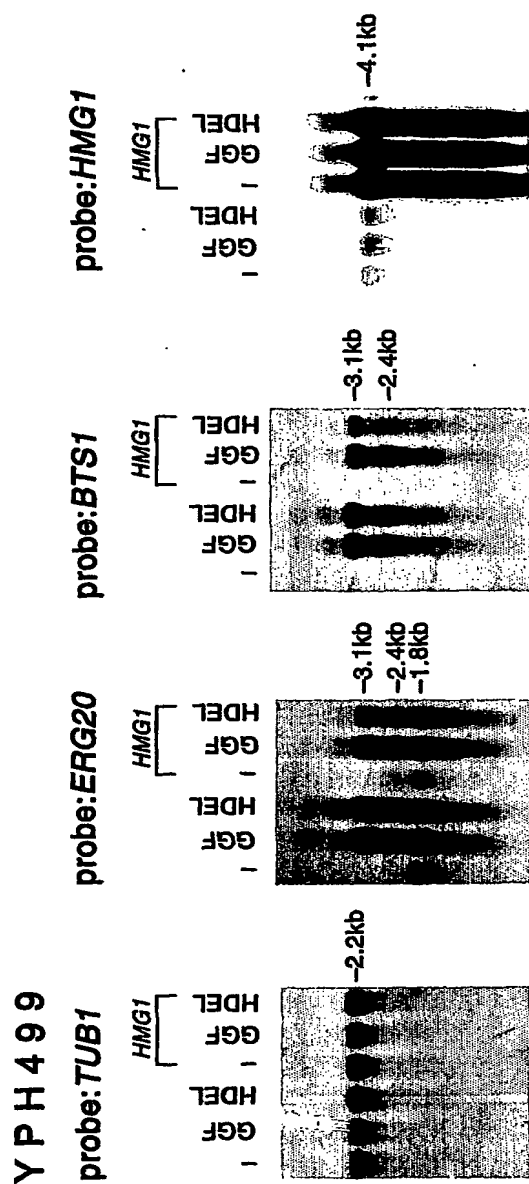
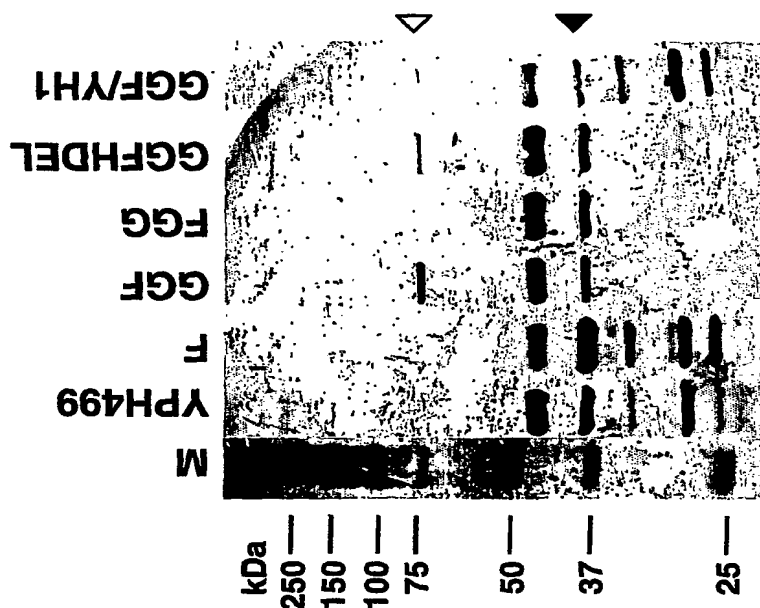


図 40

ERG20-C



BTS1-C



図41A

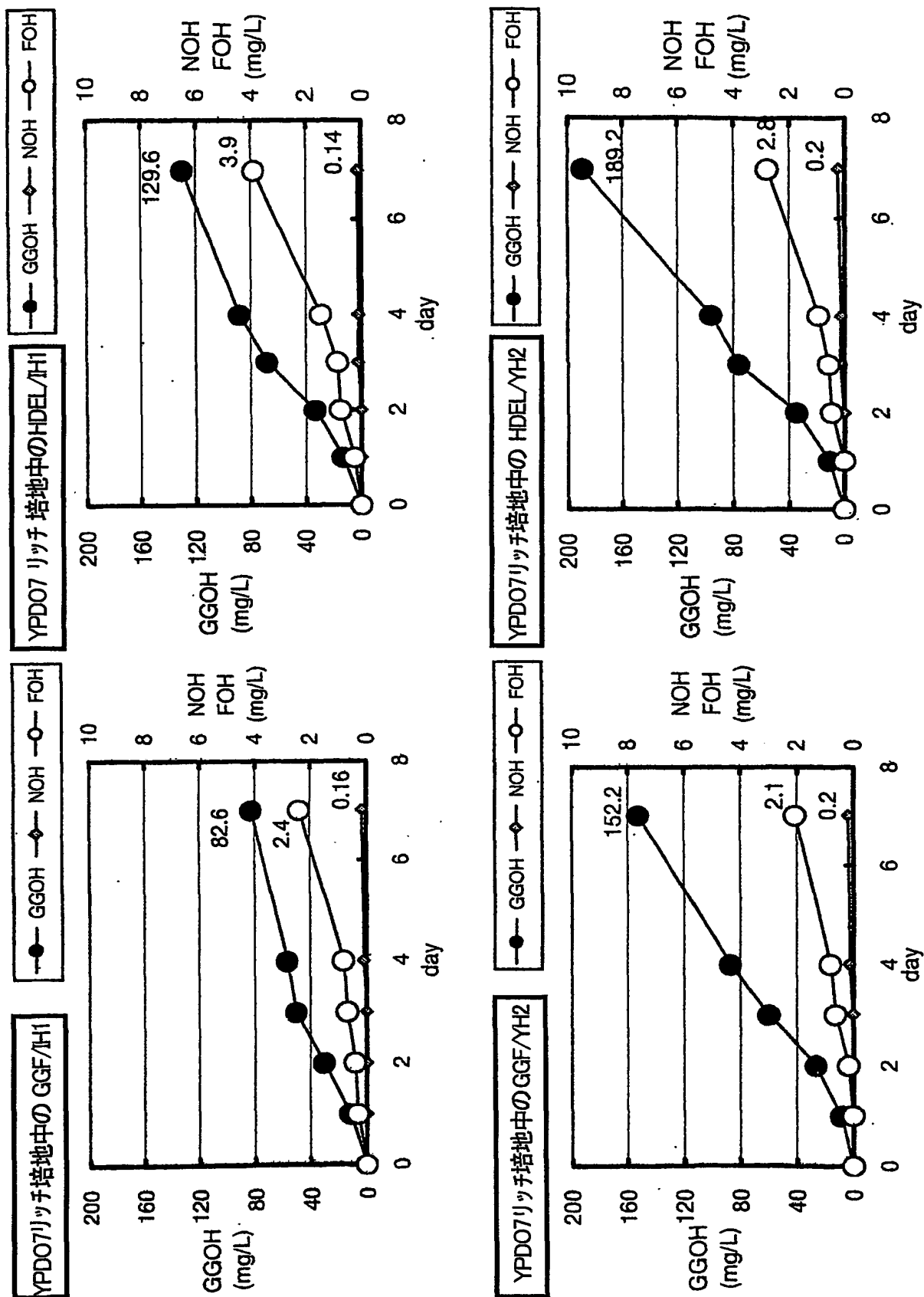


図41B

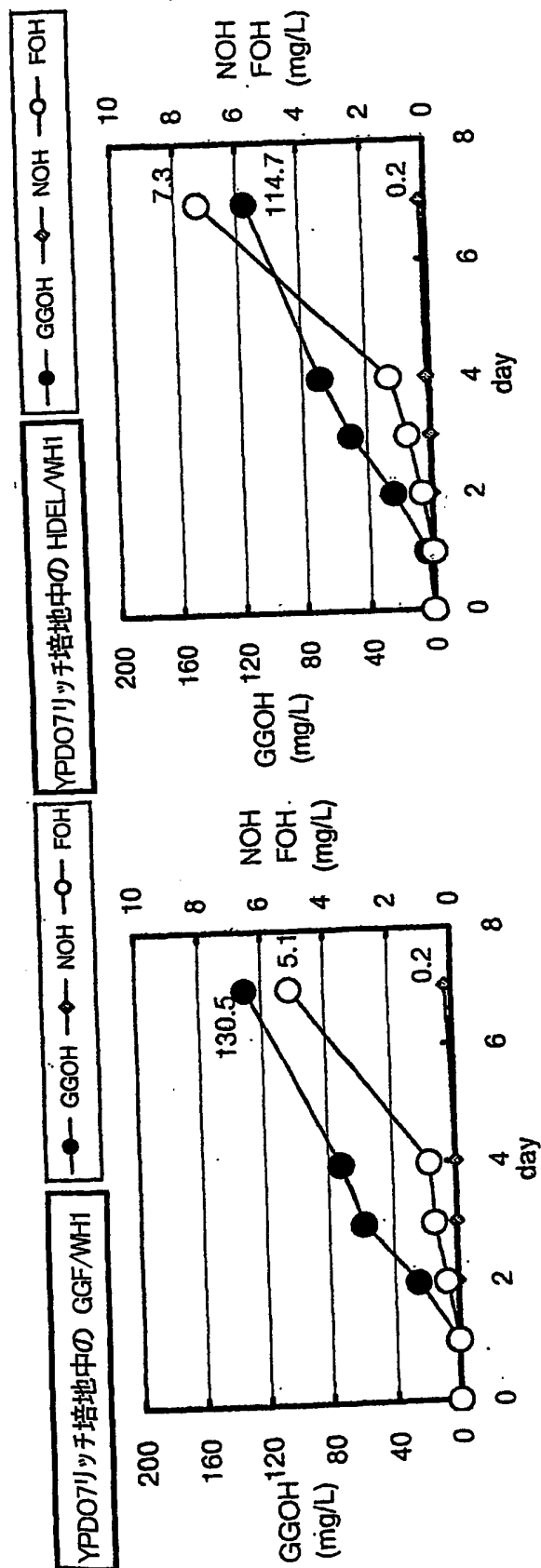
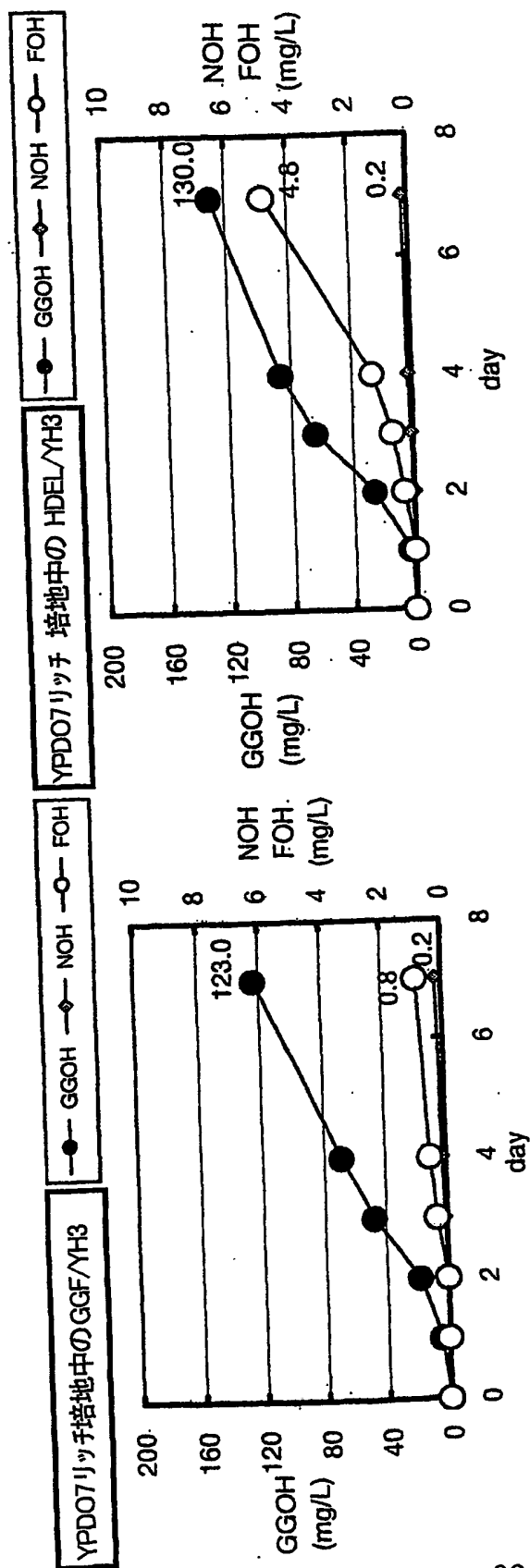


図41C

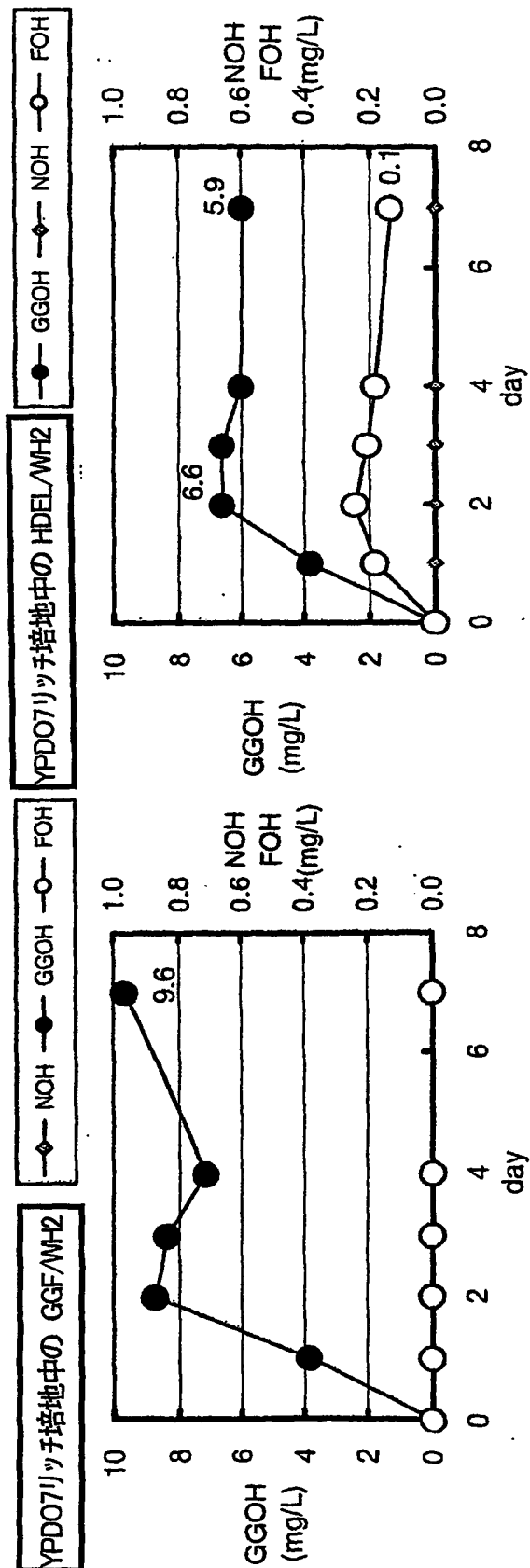
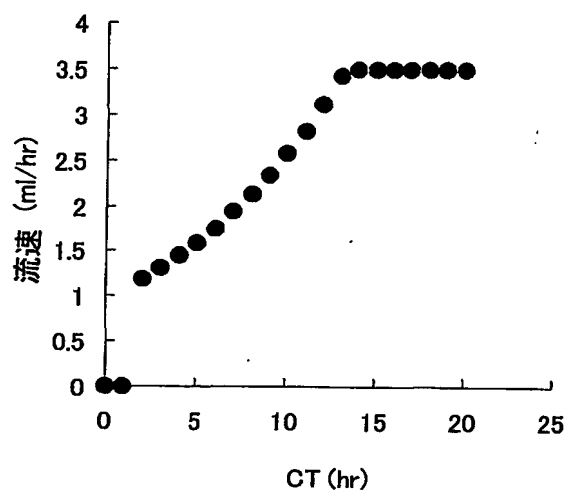


図 4 2



配列表

SEQUENCE LISTING

<110> TOYOTA JIDOSHA KABUSHIKI KAISHA

<120> A method of producing prenylalcohol

<130> PH-1413-PCT

<150> JP2000-403067

<151> 2000-12-28

<160> 130

<170> PatentIn Ver. 2.0

<210> 1

<211> 1059

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<220>

<221> CDS

<222> (1).. (1056)

<400> 1

atg gct tca gaa aaa gaa att agg aga gag aga ttc ttg aac gtt ttc 48

Met Ala Ser Glu Lys Glu Ile Arg Arg Glu Arg Phe Leu Asn Val Phe

1

5

10

15

cct aaa tta gta gag gaa ttg aac gca tcg ctt ttg gct tac ggt atg 96
Pro Lys Leu Val Glu Glu Leu Asn Ala Ser Leu Leu Ala Tyr Gly Met

20

25

30

cct aag gaa gca tgt gac tgg tat gcc cac tca ttg aac tac aac act 144
Pro Lys Glu Ala Cys Asp Trp Tyr Ala His Ser Leu Asn Tyr Asn Thr

35

40

45

cca ggc ggt aag cta aat aga ggt ttg tcc gtt gtg gac acg tat gct 192
Pro Gly Gly Lys Leu Asn Arg Gly Leu Ser Val Val Asp Thr Tyr Ala

50

55

60

att ctc tcc aac aag acc gtt gaa caa ttg ggg caa gaa gaa tac gaa 240
Ile Leu Ser Asn Lys Thr Val Glu Gln Leu Gly Gln Glu Glu Tyr Glu

65

70

75

80

aag gtt gcc att cta ggt tgg tgc att gag ttg ttg cag gct tac ttc 288
Lys Val Ala Ile Leu Gly Trp Cys Ile Glu Leu Leu Gln Ala Tyr Phe

85

90

95

ttg gtc gcc gat gat atg atg gac aag tcc att acc aga aga ggc caa 336
Leu Val Ala Asp Asp Met Met Asp Lys Ser Ile Thr Arg Arg Gly Gln

100

105

110

cca tgt tgg tac aag gtt cct gaa gtt ggg gaa att gcc atc aat gac 384
Pro Cys Trp Tyr Lys Val Pro Glu Val Gly Glu Ile Ala Ile Asn Asp

115

120

125

gca ttc atg tta gag gct gct atc tac aag ctt ttg aaa tct cac ttc 432

Ala Phe Met Leu Glu Ala Ala Ile Tyr Lys Leu Leu Lys Ser His Phe

130

135

140

aga aac gaa aaa tac tac ata gat atc acc gaa ttg ttc cat gag gtc 480

Arg Asn Glu Lys Tyr Tyr Ile Asp Ile Thr Glu Leu Phe His Glu Val

145

150

155

160

acc ttc caa acc gaa ttg ggc caa ttg atg gac tta atc act gca cct 528

Thr Phe Gln Thr Glu Leu Gly Gln Leu Met Asp Leu Ile Thr Ala Pro

165

170

175

gaa gac aaa gtc gac ttg agt aag ttc tcc cta aag aag cac tcc ttc 576

Glu Asp Lys Val Asp Leu Ser Lys Phe Ser Leu Lys Lys His Ser Phe

180

185

190

ata gtt act ttc aag act gct tac tat tct ttc tac ttg cct gtc gca 624

Ile Val Thr Phe Lys Thr Ala Tyr Tyr Ser Phe Tyr Leu Pro Val Ala

195

200

205

ttg gcc atg tac gtt gcc ggt atc acg gat gaa aag gat ttg aaa caa 672

Leu Ala Met Tyr Val Ala Gly Ile Thr Asp Glu Lys Asp Leu Lys Gln

210

215

220

gcc aga gat gtc ttg att cca ttg ggt gaa tac ttc caa att caa gat 720

Ala Arg Asp Val Leu Ile Pro Leu Gly Glu Tyr Phe Gln Ile Gln Asp

225

230

235

240

gac tac tta gac tgc ttc ggt acc cca gaa cag atc ggt aag atc ggt 768

Asp Tyr Leu Asp Cys Phe Gly Thr Pro Glu Gln Ile Gly Lys Ile Gly

245

250

255

aca gat atc caa gat aac aaa tgt tct tgg gta atc aac aag gca ttg 816
 Thr Asp Ile Gln Asp Asn Lys Cys Ser Trp Val Ile Asn Lys Ala Leu

260

265

270

gaa ctt gct tcc gca gaa caa aga aag act tta gac gaa aat tac ggt 864
 Glu Leu Ala Ser Ala Glu Gln Arg Lys Thr Leu Asp Glu Asn Tyr Gly

275

280

285

aag aag gac tca gtc gca gaa gcc aaa tgc aaa aag att ttc aat gac 912
 Lys Lys Asp Ser Val Ala Glu Ala Lys Cys Lys Lys Ile Phe Asn Asp

290

295

300

ttg aaa att gaa cag cta tac cac gaa tat gaa gag tct att gcc aag 960
 Leu Lys Ile Glu Gln Leu Tyr His Glu Tyr Glu Glu Ser Ile Ala Lys

305

310

315

320

gat ttg aag gcc aaa att tct cag gtc gat gag tct cgt ggc ttc aaa 1008
 Asp Leu Lys Ala Lys Ile Ser Gln Val Asp Glu Ser Arg Gly Phe Lys

325

330

335

gct gat gtc tta act gcg ttc ttg aac aaa gtt tac aag aga agc aaa 1056
 Ala Asp Val Leu Thr Ala Phe Leu Asn Lys Val Tyr Lys Arg Ser Lys

340

345

350

tag

1059

<210> 2

<211> 352

<212> PRT

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 2

Met Ala Ser Glu Lys Glu Ile Arg Arg Glu Arg Phe Leu Asn Val Phe
1 5 10 15

Pro Lys Leu Val Glu Glu Leu Asn Ala Ser Leu Leu Ala Tyr Gly Met
20 25 30

Pro Lys Glu Ala Cys Asp Trp Tyr Ala His Ser Leu Asn Tyr Asn Thr
35 40 45

Pro Gly Gly Lys Leu Asn Arg Gly Leu Ser Val Val Asp Thr Tyr Ala
50 55 60

Ile Leu Ser Asn Lys Thr Val Glu Gln Leu Gly Gln Glu Glu Tyr Glu
65 70 75 80

Lys Val Ala Ile Leu Gly Trp Cys Ile Glu Leu Leu Gln Ala Tyr Phe
85 90 95

Leu Val Ala Asp Asp Met Met Asp Lys Ser Ile Thr Arg Arg Gly Gln
100 105 110

Pro Cys Trp Tyr Lys Val Pro Glu Val Gly Glu Ile Ala Ile Asn Asp
115 120 125

Ala Phe Met Leu Glu Ala Ala Ile Tyr Lys Leu Leu Lys Ser His Phe
130 135 140

Arg Asn Glu Lys Tyr Tyr Ile Asp Ile Thr Glu Leu Phe His Glu Val
145 150 155 160

Thr Phe Gln Thr Glu Leu Gly Gln Leu Met Asp Leu Ile Thr Ala Pro
165 170 175

Glu Asp Lys Val Asp Leu Ser Lys Phe Ser Leu Lys Lys His Ser Phe
180 185 190

Ile Val Thr Phe Lys Thr Ala Tyr Tyr Ser Phe Tyr Leu Pro Val Ala
195 200 205

Leu Ala Met Tyr Val Ala Gly Ile Thr Asp Glu Lys Asp Leu Lys Gln
210 215 220

Ala Arg Asp Val Leu Ile Pro Leu Gly Glu Tyr Phe Gln Ile Gln Asp
225 230 235 240

Asp Tyr Leu Asp Cys Phe Gly Thr Pro Glu Gln Ile Gly Lys Ile Gly
245 250 255

Thr Asp Ile Gln Asp Asn Lys Cys Ser Trp Val Ile Asn Lys Ala Leu
260 265 270

Glu Leu Ala Ser Ala Glu Gln Arg Lys Thr Leu Asp Glu Asn Tyr Gly
275 280 285

Lys Lys Asp Ser Val Ala Glu Ala Lys Cys Lys Lys Ile Phe Asn Asp
290 295 300

Leu Lys Ile Glu Gln Leu Tyr His Glu Tyr Glu Glu Ser Ile Ala Lys
 305 310 315 320

Asp Leu Lys Ala Lys Ile Ser Gln Val Asp Glu Ser Arg Gly Phe Lys
 325 330 335

Ala Asp Val Leu Thr Ala Phe Leu Asn Lys Val Tyr Lys Arg Ser Lys
 340 345 350

<210> 3

<211> 900

<212> DNA

<213> Escherichia coli

<220>

<221> CDS

<222> (1).. (897)

<400> 3

atg gac ttt ccg cag caa ctc gaa gcc tgc gtt aag cag gcc aac cag 48

Met Asp Phe Pro Gln Gln Leu Glu Ala Cys Val Lys Gln Ala Asn Gln

1 5 10 15

gcg ctg agc cgt ttt atc gcc cca ctg ccc ttt cag aac act ccc gtg 96

Ala Leu Ser Arg Phe Ile Ala Pro Leu Pro Phe Gln Asn Thr Pro Val

20 25 30

gtc gaa acc atg cag tat ggc gca tta tta ggt ggt aag cgc ctg cga 144

Val Glu Thr Met Gln Tyr Gly Ala Leu Leu Gly Gly Lys Arg Leu Arg

35

40

45

cct ttc ctg gtt tat gcc acc ggt cat atg ttc ggc gtt agc aca aac 192

Pro Phe Leu Val Tyr Ala Thr Gly His Met Phe Gly Val Ser Thr Asn

50

55

60

acg ctg gac gca ccc gct gcc gcc gtt gag tgt atc cac gct tac tca 240

Thr Leu Asp Ala Pro Ala Ala Ala Val Glu Cys Ile His Ala Tyr Ser

65

70

75

80

tta att cat gat gat tta ccg gca atg gat gat gac gat ctg cgt cgc 288

Leu Ile His Asp Asp Leu Pro Ala Met Asp Asp Asp Asp Leu Arg Arg

85

90

95

ggt ttg cca acc tgc cat gtg aag ttt ggc gaa gca aac gcg att ctc 336

Gly Leu Pro Thr Cys His Val Lys Phe Gly Glu Ala Asn Ala Ile Leu

100

105

110

gct ggc gac gct tta caa acg ctg gcg ttc tcg att tta agc gat gcc 384

Ala Gly Asp Ala Leu Gln Thr Leu Ala Phe Ser Ile Leu Ser Asp Ala

115

120

125

gat atg ccg gaa gtg tcg gac cgc gac aga att tcg atg att tct gaa 432

Asp Met Pro Glu Val Ser Asp Arg Asp Arg Ile Ser Met Ile Ser Glu

130

135

140

ctg gcg agc gcc agt ggt att gcc gga atg tgc ggt ggt cag gca tta 480

Leu Ala Ser Ala Ser Gly Ile Ala Gly Met Cys Gly Gly Gln Ala Leu

145

150

155

160

| | |
|---|-----|
| gat tta gac gcg gaa ggc aaa cac gta cct ctg gac gcg ctt gag cgt | 528 |
| Asp Leu Asp Ala Glu Gly Lys His Val Pro Leu Asp Ala Leu Glu Arg | |
| 165 170 175 | |
| att cat cgt cat aaa acc ggc gca ttg att cgc gcc gcc gtt cgc ctt | 576 |
| Ile His Arg His Lys Thr Gly Ala Leu Ile Arg Ala Ala Val Arg Leu | |
| 180 185 190 | |
| ggt gca tta agc gcc gga gat aaa gga cgt cgt gct ctg ccg gta ctc | 624 |
| Gly Ala Leu Ser Ala Gly Asp Lys Gly Arg Arg Ala Leu Pro Val Leu | |
| 195 200 205 | |
| gac aag tat gca gag agc atc ggc ctt gcc ttc cag gtt cag gat gac | 672 |
| Asp Lys Tyr Ala Glu Ser Ile Gly Leu Ala Phe Gln Val Gln Asp Asp | |
| 210 215 220 | |
| atc ctg gat gtg gtg gga gat act gca acg ttg gga aaa cgc cag ggt | 720 |
| Ile Leu Asp Val Val Gly Asp Thr Ala Thr Leu Gly Lys Arg Gln Gly | |
| 225 230 235 240 | |
| gcc gac cag caa ctt ggt aaa agt acc tac cct gca ctt ctg ggt ctt | 768 |
| Ala Asp Gln Gln Leu Gly Lys Ser Thr Tyr Pro Ala Leu Leu Gly Leu | |
| 245 250 255 | |
| gag caa gcc cgg aag aaa gcc cgg gat ctg atc gac gat gcc cgt cag | 816 |
| Glu Gln Ala Arg Lys Lys Ala Arg Asp Leu Ile Asp Asp Ala Arg Gln | |
| 260 265 270 | |
| tcg ctg aaa caa ctg gct gaa cag tca ctc gat acc tcg gca ctg gaa | 864 |

Ser Leu Lys Gln Leu Ala Glu Gln Ser Leu Asp Thr Ser Ala Leu Glu
 275 280 285

gcg cta gcg gac tac atc atc cag cgt aat aaa taa 900
 Ala Leu Ala Asp Tyr Ile Ile Gln Arg Asn Lys
 290 295

<210> 4

<211> 299

<212> PRT

<213> Escherichia coli

<400> 4

Met Asp Phe Pro Gln Gln Leu Glu Ala Cys Val Lys Gln Ala Asn Gln
 1 5 10 15

Ala Leu Ser Arg Phe Ile Ala Pro Leu Pro Phe Gln Asn Thr Pro Val
 20 25 30

Val Glu Thr Met Gln Tyr Gly Ala Leu Leu Gly Gly Lys Arg Leu Arg
 35 40 45

Pro Phe Leu Val Tyr Ala Thr Gly His Met Phe Gly Val Ser Thr Asn
 50 55 60

Thr Leu Asp Ala Pro Ala Ala Ala Val Glu Cys Ile His Ala Tyr Ser
 65 70 75 80

Leu Ile His Asp Asp Leu Pro Ala Met Asp Asp Asp Asp Leu Arg Arg

85

90

95

Gly Leu Pro Thr Cys His Val Lys Phe Gly Glu Ala Asn Ala Ile Leu

100

105

110

Ala Gly Asp Ala Leu Gln Thr Leu Ala Phe Ser Ile Leu Ser Asp Ala

115

120

125

Asp Met Pro Glu Val Ser Asp Arg Asp Arg Ile Ser Met Ile Ser Glu

130

135

140

Leu Ala Ser Ala Ser Gly Ile Ala Gly Met Cys Gly Gly Gln Ala Leu

145

150

155

160

Asp Leu Asp Ala Glu Gly Lys His Val Pro Leu Asp Ala Leu Glu Arg

165

170

175

Ile His Arg His Lys Thr Gly Ala Leu Ile Arg Ala Ala Val Arg Leu

180

185

190

Gly Ala Leu Ser Ala Gly Asp Lys Gly Arg Arg Ala Leu Pro Val Leu

195

200

205

Asp Lys Tyr Ala Glu Ser Ile Gly Leu Ala Phe Gln Val Gln Asp Asp

210

215

220

Ile Leu Asp Val Val Gly Asp Thr Ala Thr Leu Gly Lys Arg Gln Gly

225

230

235

240

Ala Asp Gln Gln Leu Gly Lys Ser Thr Tyr Pro Ala Leu Leu Gly Leu

245

250

255

Glu Gln Ala Arg Lys Lys Ala Arg Asp Leu Ile Asp Asp Ala Arg Gln

260

265

270

Ser Leu Lys Gln Leu Ala Glu Gln Ser Leu Asp Thr Ser Ala Leu Glu

275

280

285

Ala Leu Ala Asp Tyr Ile Ile Gln Arg Asn Lys

290

295

<210> 5

<211> 1008

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<220>

<221> CDS

<222> (1).. (1005)

<400> 5

atg gag gcc aag ata gat gag ctg atc aat aat gat cct gtt tgg tcc 48

Met Glu Ala Lys Ile Asp Glu Leu Ile Asn Asn Asp Pro Val Trp Ser

1

5

10

15

agc caa aat gaa agc ttg att tca aaa cct tat aat cac atc ctt ttg 96

Ser Gln Asn Glu Ser Leu Ile Ser Lys Pro Tyr Asn His Ile Leu Leu

20

25

30

aaa cct ggc aag aac ttt aga cta aat tta ata gtt caa att aac aga 144
 Lys Pro Gly Lys Asn Phe Arg Leu Asn Leu Ile Val Gln Ile Asn Arg
 35 40 45

gtt atg aat ttg ccc aaa gac cag ctg gcc ata gtt tcg caa att gtt 192
 Val Met Asn Leu Pro Lys Asp Gln Leu Ala Ile Val Ser Gln Ile Val
 50 55 60

gag ctc ttg cat aat tcc agc ctt tta atc gac gat ata gaa gat aat 240
 Glu Leu Leu His Asn Ser Ser Leu Leu Ile Asp Asp Ile Glu Asp Asn
 65 70 75 80

gct ccc ttg aga agg gga cag acc act tct cac tta atc ttc ggt gta 288
 Ala Pro Leu Arg Arg Gly Gln Thr Thr Ser His Leu Ile Phe Gly Val
 85 90 95

ccc tcc act ata aac acc gca aat tat atg tat ttc aga gcc atg caa 336
 Pro Ser Thr Ile Asn Thr Ala Asn Tyr Met Tyr Phe Arg Ala Met Gln
 100 105 110

ctt gta tcg cag cta acc aca aaa gag cct ttg tat cat aat ttg att 384
 Leu Val Ser Gln Leu Thr Thr Lys Glu Pro Leu Tyr His Asn Leu Ile
 115 120 125

acg att ttc aac gaa gaa ttg atc aat cta cat agg gga caa ggc ttg 432
 Thr Ile Phe Asn Glu Glu Leu Ile Asn Leu His Arg Gly Gln Gly Leu
 130 135 140

gat ata tac tgg aga gac ttt ctg cct gaa atc ata cct act cag gag 480
 Asp Ile Tyr Trp Arg Asp Phe Leu Pro Glu Ile Ile Pro Thr Gln Glu

| | | | |
|---|-----|-----|-----|
| 145 | 150 | 155 | 160 |
| atg tat ttg aat atg gtt atg aat aaa aca ggc ggc ctt ttc aga tta 528 | | | |
| Met Tyr Leu Asn Met Val Met Asn Lys Thr Gly Gly Leu Phe Arg Leu | | | |
| 165 | 170 | 175 | |
| acg ttg aga ctc atg gaa gcg ctg tct cct tcc tca cac cac ggc cat 576 | | | |
| Thr Leu Arg Leu Met Glu Ala Leu Ser Pro Ser Ser His His Gly His | | | |
| 180 | 185 | 190 | |
| tcg ttg gtt cct ttc ata aat ctt ctg ggt att att tat cag att aga 624 | | | |
| Ser Leu Val Pro Phe Ile Asn Leu Leu Gly Ile Ile Tyr Gln Ile Arg | | | |
| 195 | 200 | 205 | |
| gat gat tac ttg aat ttg aaa gat ttc caa atg tcc agc gaa aaa ggc 672 | | | |
| Asp Asp Tyr Leu Asn Leu Lys Asp Phe Gln Met Ser Ser Glu Lys Gly | | | |
| 210 | 215 | 220 | |
| ttt gct gag gac att aca gag ggg aag tta tct ttt ccc atc gtc cac 720 | | | |
| Phe Ala Glu Asp Ile Thr Glu Gly Lys Leu Ser Phe Pro Ile Val His | | | |
| 225 | 230 | 235 | 240 |
| gcc ctt aac ttc act aaa acg aaa ggt caa act gag caa cac aat gaa 768 | | | |
| Ala Leu Asn Phe Thr Lys Thr Lys Gly Gln Thr Glu Gln His Asn Glu | | | |
| 245 | 250 | 255 | |
| att cta aga att ctc ctg ttg agg aca agt gat aaa gat ata aaa cta 816 | | | |
| Ile Leu Arg Ile Leu Leu Leu Arg Thr Ser Asp Lys Asp Ile Lys Leu | | | |
| 260 | 265 | 270 | |

aag ctg att caa ata ctg gaa ttc gac acc aat tca ttg gcc tac acc 864
Lys Leu Ile Gln Ile Leu Glu Phe Asp Thr Asn Ser Leu Ala Tyr Thr
275 280 285

aaa aat ttt att aat caa tta gtg aat atg ata aaa aat gat aat gaa 912
Lys Asn Phe Ile Asn Gln Leu Val Asn Met Ile Lys Asn Asp Asn Glu
290 295 300

aat aag tat tta cct gat ttg gct tcg cat tcc gac acc gcc acc aat 960
Asn Lys Tyr Leu Pro Asp Leu Ala Ser His Ser Asp Thr Ala Thr Asn
305 310 315 320

tta cat gac gaa ttg tta tat ata ata gac cac tta tcc gaa ttg tga 1008
Leu His Asp Glu Leu Leu Tyr Ile Ile Asp His Leu Ser Glu Leu
325 330 335

<210> 6

<211> 335

<212> PRT

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 6

Met Glu Ala Lys Ile Asp Glu Leu Ile Asn Asn Asp Pro Val Trp Ser
1 5 10 15

Ser Gln Asn Glu Ser Leu Ile Ser Lys Pro Tyr Asn His Ile Leu Leu
20 25 30

Lys Pro Gly Lys Asn Phe Arg Leu Asn Leu Ile Val Gln Ile Asn Arg

35

40

45

Val Met Asn Leu Pro Lys Asp Gln Leu Ala Ile Val Ser Gln Ile Val

50

55

60

Glu Leu Leu His Asn Ser Ser Leu Leu Ile Asp Asp Ile Glu Asp Asn

65

70

75

80

Ala Pro Leu Arg Arg Gly Gln Thr Thr Ser His Leu Ile Phe Gly Val

85

90

95

Pro Ser Thr Ile Asn Thr Ala Asn Tyr Met Tyr Phe Arg Ala Met Gln

100

105

110

Leu Val Ser Gln Leu Thr Thr Lys Glu Pro Leu Tyr His Asn Leu Ile

115

120

125

Thr Ile Phe Asn Glu Glu Leu Ile Asn Leu His Arg Gly Gln Gly Leu

130

135

140

Asp Ile Tyr Trp Arg Asp Phe Leu Pro Glu Ile Ile Pro Thr Gln Glu

145

150

155

160

Met Tyr Leu Asn Met Val Met Asn Lys Thr Gly Gly Leu Phe Arg Leu

165

170

175

Thr Leu Arg Leu Met Glu Ala Leu Ser Pro Ser Ser His His Gly His

180

185

190

Ser Leu Val Pro Phe Ile Asn Leu Leu Gly Ile Ile Tyr Gln Ile Arg

195

200

205

Asp Asp Tyr Leu Asn Leu Lys Asp Phe Gln Met Ser Ser Glu Lys Gly
210 215 220

Phe Ala Glu Asp Ile Thr Glu Gly Lys Leu Ser Phe Pro Ile Val His
225 230 235 240

Ala Leu Asn Phe Thr Lys Thr Lys Gly Gln Thr Glu Gln His Asn Glu
245 250 255

Ile Leu Arg Ile Leu Leu Leu Arg Thr Ser Asp Lys Asp Ile Lys Leu
260 265 270

Lys Leu Ile Gln Ile Leu Glu Phe Asp Thr Asn Ser Leu Ala Tyr Thr
275 280 285

Lys Asn Phe Ile Asn Gln Leu Val Asn Met Ile Lys Asn Asp Asn Glu
290 295 300

Asn Lys Tyr Leu Pro Asp Leu Ala Ser His Ser Asp Thr Ala Thr Asn
305 310 315 320

Leu His Asp Glu Leu Leu Tyr Ile Ile Asp His Leu Ser Glu Leu
325 330 335

<210> 7

<211> 3165

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<220>

<221> CDS

<222> (1).. (3162)

<400> 7

atg ccg ccg cta ttc aag gga ctg aaa cag atg gca aag cca att gcc 48
 Met Pro Pro Leu Phe Lys Gly Leu Lys Gln Met Ala Lys Pro Ile Ala
 1 5 10 15

tat gtt tca aga ttt tcg gcg aaa cga cca att cat ata ata ctt ttt 96
 Tyr Val Ser Arg Phe Ser Ala Lys Arg Pro Ile His Ile Ile Leu Phe
 20 25 30

tct cta atc ata tcc gca ttc gct tat cta tcc gtc att cag tat tac 144
 Ser Leu Ile Ile Ser Ala Phe Ala Tyr Leu Ser Val Ile Gln Tyr Tyr
 35 40 45

ttc aat ggt tgg caa cta gat tca aat agt gtt ttt gaa act gct cca 192
 Phe Asn Gly Trp Gln Leu Asp Ser Asn Ser Val Phe Glu Thr Ala Pro
 50 55 60

aat aaa gac tcc aac act cta ttt caa gaa tgt tcc cat tac tac aga 240
 Asn Lys Asp Ser Asn Thr Leu Phe Gln Glu Cys Ser His Tyr Tyr Arg
 65 70 75 80

gat tcc tct cta gat ggt tgg gta tca atc acc gcg cat gaa gct agt 288
 Asp Ser Ser Leu Asp Gly Trp Val Ser Ile Thr Ala His Glu Ala Ser
 85 90 95

gag tta cca gcc cca cac cat tac tat cta tta aac ctg aac ttc aat 336
 Glu Leu Pro Ala Pro His His Tyr Tyr Leu Leu Asn Leu Asn Phe Asn
 100 105 110

agt cct aat gaa act gac tcc att cca gaa cta gct aac acg gtt ttt 384
 Ser Pro Asn Glu Thr Asp Ser Ile Pro Glu Leu Ala Asn Thr Val Phe
 115 120 125

gag aaa gat aat aca aaa tat att ctg caa gaa gat ctc agt gtt tcc 432
 Glu Lys Asp Asn Thr Lys Tyr Ile Leu Gln Glu Asp Leu Ser Val Ser
 130 135 140

aaa gaa att tct tct act gat gga acg aaa tgg agg tta aga agt gac 480
 Lys Glu Ile Ser Ser Thr Asp Gly Thr Lys Trp Arg Leu Arg Ser Asp
 145 150 155 160

aga aaa agt ctt ttc gac gta aag acg tta gca tat tct ctc tac gat 528
 Arg Lys Ser Leu Phe Asp Val Lys Thr Leu Ala Tyr Ser Leu Tyr Asp
 165 170 175

gta ttt tca gaa aat gta acc caa gca gac ccg ttt gac gtc ctt att 576
 Val Phe Ser Glu Asn Val Thr Gln Ala Asp Pro Phe Asp Val Leu Ile
 180 185 190

atg gtt act gcc tac cta atg atg ttc tac acc ata ttc ggc ctc ttc 624
 Met Val Thr Ala Tyr Leu Met Met Phe Tyr Thr Ile Phe Gly Leu Phe
 195 200 205

aat gac atg agg aag acc ggg tca aat ttt tgg ttg agc gcc tct aca 672

Asn Asp Met Arg Lys Thr Gly Ser Asn Phe Trp Leu Ser Ala Ser Thr

210

215

220

gtg gtc aat tct gca tca tca ctt ttc tta gca ttg tat gtc acc caa 720

Val Val Asn Ser Ala Ser Ser Leu Phe Leu Ala Leu Tyr Val Thr Gln

225

230

235

240

tgt att cta ggc aaa gaa gtt tcc gca tta act ctt ttt gaa ggt ttg 768

Cys Ile Leu Gly Lys Glu Val Ser Ala Leu Thr Leu Phe Glu Gly Leu

245

250

255

cct ttc att gta gtt gtt gtt ggt ttc aag cac aaa atc aag att gcc 816

Pro Phe Ile Val Val Val Val Gly Phe Lys His Lys Ile Lys Ile Ala

260

265

270

cag tat gcc ctg gag aaa ttt gaa aga gtc ggt tta tct aaa agg att 864

Gln Tyr Ala Leu Glu Lys Phe Glu Arg Val Gly Leu Ser Lys Arg Ile

275

280

285

act acc gat gaa atc gtt ttt gaa tcc gtg agc gaa gag ggt ggt cgt 912

Thr Thr Asp Glu Ile Val Phe Glu Ser Val Ser Glu Glu Gly Gly Arg

290

295

300

ttg att caa gac cat ttg ctt tgt att ttt gcc ttt atc gga tgc tct 960

Leu Ile Gln Asp His Leu Leu Cys Ile Phe Ala Phe Ile Gly Cys Ser

305

310

315

320

atg tat gct cac caa ttg aag act ttg aca aac ttc tgc ata tta tca 1008

Met Tyr Ala His Gln Leu Lys Thr Leu Thr Asn Phe Cys Ile Leu Ser

325

330

335

gca ttt atc cta att ttt gaa ttg att tta act cct aca ttt tat tct 1056
 Ala Phe Ile Leu Ile Phe Glu Leu Ile Leu Thr Pro Thr Phe Tyr Ser
 340 345 350

gct atc tta gcg ctt aga ctg gaa atg aat gtt atc cac aga tct act 1104
 Ala Ile Leu Ala Leu Arg Leu Glu Met Asn Val Ile His Arg Ser Thr
 355 360 365

att atc aag caa aca tta gaa gaa gac ggt gtt gtt cca tct aca gca 1152
 Ile Ile Lys Gln Thr Leu Glu Glu Asp Gly Val Val Pro Ser Thr Ala
 370 375 380

aga atc att tct aaa gca gaa aag aaa tcc gta tct tct ttc tta aat 1200
 Arg Ile Ile Ser Lys Ala Glu Lys Lys Ser Val Ser Ser Phe Leu Asn
 385 390 395 400

ctc agt gtg gtt gtc att atc atg aaa ctc tct gtc ata ctg ttg ttt 1248
 Leu Ser Val Val Val Ile Ile Met Lys Leu Ser Val Ile Leu Leu Phe
 405 410 415

gtc ttc atc aac ttt tat aac ttt ggt gca aat tgg gtc aat gat gcc 1296
 Val Phe Ile Asn Phe Tyr Asn Phe Gly Ala Asn Trp Val Asn Asp Ala
 420 425 430

ttc aat tca ttg tac ttc gat aag gaa cgt gtt tct cta cca gat ttt 1344
 Phe Asn Ser Leu Tyr Phe Asp Lys Glu Arg Val Ser Leu Pro Asp Phe
 435 440 445

att acc tcg aat gcc tct gaa aac ttt aaa gag caa gct att gtt agt 1392

Ile Thr Ser Asn Ala Ser Glu Asn Phe Lys Glu Gln Ala Ile Val Ser
 450 455 460

gtc acc cca tta tta tat tac aaa ccc att aag tcc tac caa cgc att 1440
 Val Thr Pro Leu Leu Tyr Tyr Lys Pro Ile Lys Ser Tyr Gln Arg Ile
 465 470 475 480

gag gat atg gtt ctt cta ttg ctt cgt aat gtc agt gtt gcc att cgt 1488
 Glu Asp Met Val Leu Leu Leu Leu Arg Asn Val Ser Val Ala Ile Arg
 485 490 495

gat agg ttc gtc agt aaa tta gtt ctt tcc gcc tta gta tgc agt gct 1536
 Asp Arg Phe Val Ser Lys Leu Val Leu Ser Ala Leu Val Cys Ser Ala
 500 505 510

gtc atc aat gtg tat tta ttg aat gct gct aga att cat acc agt tat 1584
 Val Ile Asn Val Tyr Leu Leu Asn Ala Ala Arg Ile His Thr Ser Tyr
 515 520 525

act gca gac caa ttg gtg aaa act gaa gtc acc aag aag tct ttt act 1632
 Thr Ala Asp Gln Leu Val Lys Thr Glu Val Thr Lys Lys Ser Phe Thr
 530 535 540

gct cct gta caa aag gct tct aca cca gtt tta acc aat aaa aca gtc 1680
 Ala Pro Val Gln Lys Ala Ser Thr Pro Val Leu Thr Asn Lys Thr Val
 545 550 555 560

att tct gga tcg aaa gtc aaa agt tta tca tct gcg caa tcg agc tca 1728
 Ile Ser Gly Ser Lys Val Lys Ser Leu Ser Ser Ala Gln Ser Ser Ser
 565 570 575

| | |
|---|------|
| tca gga cct tca tca tct agt gag gaa gat gat tcc cgc gat att gaa | 1776 |
| Ser Gly Pro Ser Ser Ser Ser Glu Glu Asp Asp Ser Arg Asp Ile Glu | |
| 580 585 590 | |
| agc ttg gat aag aaa ata cgt cct tta gaa gaa tta gaa gca tta tta | 1824 |
| Ser Leu Asp Lys Lys Ile Arg Pro Leu Glu Glu Leu Glu Ala Leu Leu | |
| 595 600 605 | |
| agt agt gga aat aca aaa caa ttg aag aac aaa gag gtc gct gcc ttg | 1872 |
| Ser Ser Gly Asn Thr Lys Gln Leu Lys Asn Lys Glu Val Ala Ala Leu | |
| 610 615 620 | |
| gtt att cac ggt aag tta cct ttg tac gct ttg gag aaa aaa tta ggt | 1920 |
| Val Ile His Gly Lys Leu Pro Leu Tyr Ala Leu Glu Lys Lys Leu Gly | |
| 625 630 635 640 | |
| gat act acg aga gcg gtt gcg gta cgt agg aag gct ctt tca att ttg | 1968 |
| Asp Thr Thr Arg Ala Val Ala Val Arg Arg Lys Ala Leu Ser Ile Leu | |
| 645 650 655 | |
| gca gaa gct cct gta tta gca tct gat cgt tta cca tat aaa aat tat | 2016 |
| Ala Glu Ala Pro Val Leu Ala Ser Asp Arg Leu Pro Tyr Lys Asn Tyr | |
| 660 665 670 | |
| gac tac gac cgc gta ttt ggc gct tgt tgt gaa aat gtt ata ggt tac | 2064 |
| Asp Tyr Asp Arg Val Phe Gly Ala Cys Cys Glu Asn Val Ile Gly Tyr | |
| 675 680 685 | |
| atg cct ttg ccc gtt ggt gtt ata ggc ccc ttg gtt atc gat ggt aca | 2112 |

Met Pro Leu Pro Val Gly Val Ile Gly Pro Leu Val Ile Asp Gly Thr

690

695

700

tct tat cat ata cca atg gca act aca gag ggt tgt ttg gta gct tct 2160

Ser Tyr His Ile Pro Met Ala Thr Thr Glu Gly Cys Leu Val Ala Ser

705

710

715

720

gcc atg cgt ggc tgt aag gca atc aat gct ggc ggt ggt gca aca act 2208

Ala Met Arg Gly Cys Lys Ala Ile Asn Ala Gly Gly Gly Ala Thr Thr

725

730

735

gtt tta act aag gat ggt atg aca aga ggc cca gta gtc cgt ttc cca 2256

Val Leu Thr Lys Asp Gly Met Thr Arg Gly Pro Val Val Arg Phe Pro

740

745

750

act ttg aaa aga tct ggt gcc tgt aag ata tgg tta gac tca gaa gag 2304

Thr Leu Lys Arg Ser Gly Ala Cys Lys Ile Trp Leu Asp Ser Glu Glu

755

760

765

gga caa aac gca att aaa aaa gct ttt aac tct aca tca aga ttt gca 2352

Gly Gln Asn Ala Ile Lys Lys Ala Phe Asn Ser Thr Ser Arg Phe Ala

770

775

780

cgt ctg caa cat att caa act tgt cta gca gga gat tta ctc ttc atg 2400

Arg Leu Gln His Ile Gln Thr Cys Leu Ala Gly Asp Leu Leu Phe Met

785

790

795

800

aga ttt aga aca act act ggt gac gca atg ggt atg aat atg att tct 2448

Arg Phe Arg Thr Thr Thr Gly Asp Ala Met Gly Met Asn Met Ile Ser

805

810

815

aaa ggt gtc gaa tac tca tta aag caa atg gta gaa gag tat ggc tgg 2496
 Lys Gly Val Glu Tyr Ser Leu Lys Gln Met Val Glu Glu Tyr Gly Trp

820

825

830

gaa gat atg gag gtt gtc tcc gtt tct ggt aac tac tgt acc gac aaa 2544
 Glu Asp Met Glu Val Val Ser Val Ser Gly Asn Tyr Cys Thr Asp Lys

835

840

845

aaa cca gct gcc atc aac tgg atc gaa ggt cgt ggt aag agt gtc gtc 2592
 Lys Pro Ala Ala Ile Asn Trp Ile Glu Gly Arg Gly Lys Ser Val Val

850

855

860

gca gaa gct act att cct ggt gat gtt gtc aga aaa gtg tta aaa agt 2640
 Ala Glu Ala Thr Ile Pro Gly Asp Val Val Arg Lys Val Leu Lys Ser

865

870

875

880

gat gtt tcc gca ttg gtt gag ttg aac att gct aag aat ttg gtt gga 2688
 Asp Val Ser Ala Leu Val Glu Leu Asn Ile Ala Lys Asn Leu Val Gly

885

890

895

tct gca atg gct ggg tct gtt ggt gga ttt aac gca cat gca gct aat 2736
 Ser Ala Met Ala Gly Ser Val Gly Gly Phe Asn Ala His Ala Ala Asn

900

905

910

tta gtg aca gct gtt ttc ttg gca tta gga caa gat cct gca caa aat 2784
 Leu Val Thr Ala Val Phe Leu Ala Leu Gly Gln Asp Pro Ala Gln Asn

915

920

925

gtt gaa agt tcc aac tgt ata aca ttg atg aaa gaa gtg gac ggt gat 2832

Val Glu Ser Ser Asn Cys Ile Thr Leu Met Lys Glu Val Asp Gly Asp

930

935

940

ttg aga att tcc gta tcc atg cca tcc atc gaa gta ggt acc atc ggt 2880

Leu Arg Ile Ser Val Ser Met Pro Ser Ile Glu Val Gly Thr Ile Gly

945

950

955

960

ggg ggt act gtt cta gaa cca caa ggt gcc atg ttg gac tta tta ggt 2928

Gly Gly Thr Val Leu Glu Pro Gln Gly Ala Met Leu Asp Leu Leu Gly

965

970

975

gta aga ggc ccg cat gct acc gct cct ggt acc aac gca cgt caa tta 2976

Val Arg Gly Pro His Ala Thr Ala Pro Gly Thr Asn Ala Arg Gln Leu

980

985

990

gca aga ata gtt gcc tgt gcc gtc ttg gca ggt gaa tta tcc tta tgt 3024

Ala Arg Ile Val Ala Cys Ala Val Leu Ala Gly Glu Leu Ser Leu Cys

995

1000

1005

gct gcc cta gca gcc ggc cat ttg gtt caa agt cat atg acc cac aac 3072

Ala Ala Leu Ala Ala Gly His Leu Val Gln Ser His Met Thr His Asn

1010

1015

1020

agg aaa cct gct gaa cca aca aaa cct aac aat ttg gac gcc act gat 3120

Arg Lys Pro Ala Glu Pro Thr Lys Pro Asn Asn Leu Asp Ala Thr Asp

1025

1030

1035

1040

ata aat cgt ttg aaa gat ggg tcc gtc acc tgc att aaa tcc taa 3165

Ile Asn Arg Leu Lys Asp Gly Ser Val Thr Cys Ile Lys Ser

1045

1050

<210> 8

<211> 1054

<212> PRT

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 8

Met Pro Pro Leu Phe Lys Gly Leu Lys Gln Met Ala Lys Pro Ile Ala
1 5 10 15

Tyr Val Ser Arg Phe Ser Ala Lys Arg Pro Ile His Ile Ile Leu Phe
20 25 30

Ser Leu Ile Ile Ser Ala Phe Ala Tyr Leu Ser Val Ile Gln Tyr Tyr
35 40 45

Phe Asn Gly Trp Gln Leu Asp Ser Asn Ser Val Phe Glu Thr Ala Pro
50 55 60

Asn Lys Asp Ser Asn Thr Leu Phe Gln Glu Cys Ser His Tyr Tyr Arg
65 70 75 80

Asp Ser Ser Leu Asp Gly Trp Val Ser Ile Thr Ala His Glu Ala Ser
85 90 95

Glu Leu Pro Ala Pro His His Tyr Tyr Leu Leu Asn Leu Asn Phe Asn
100 105 110

Ser Pro Asn Glu Thr Asp Ser Ile Pro Glu Leu Ala Asn Thr Val Phe

115

120

125

Glu Lys Asp Asn Thr Lys Tyr Ile Leu Gln Glu Asp Leu Ser Val Ser

130

135

140

Lys Glu Ile Ser Ser Thr Asp Gly Thr Lys Trp Arg Leu Arg Ser Asp

145

150

155

160

Arg Lys Ser Leu Phe Asp Val Lys Thr Leu Ala Tyr Ser Leu Tyr Asp

165

170

175

Val Phe Ser Glu Asn Val Thr Gln Ala Asp Pro Phe Asp Val Leu Ile

180

185

190

Met Val Thr Ala Tyr Leu Met Met Phe Tyr Thr Ile Phe Gly Leu Phe

195

200

205

Asn Asp Met Arg Lys Thr Gly Ser Asn Phe Trp Leu Ser Ala Ser Thr

210

215

220

Val Val Asn Ser Ala Ser Ser Leu Phe Leu Ala Leu Tyr Val Thr Gln

225

230

235

240

Cys Ile Leu Gly Lys Glu Val Ser Ala Leu Thr Leu Phe Glu Gly Leu

245

250

255

Pro Phe Ile Val Val Val Val Gly Phe Lys His Lys Ile Lys Ile Ala

260

265

270

Gln Tyr Ala Leu Glu Lys Phe Glu Arg Val Gly Leu Ser Lys Arg Ile

275

280

285

Thr Thr Asp Glu Ile Val Phe Glu Ser Val Ser Glu Glu Gly Gly Arg
290 295 300

Leu Ile Gln Asp His Leu Leu Cys Ile Phe Ala Phe Ile Gly Cys Ser
305 310 315 320

Met Tyr Ala His Gln Leu Lys Thr Leu Thr Asn Phe Cys Ile Leu Ser
325 330 335

Ala Phe Ile Leu Ile Phe Glu Leu Ile Leu Thr Pro Thr Phe Tyr Ser
340 345 350

Ala Ile Leu Ala Leu Arg Leu Glu Met Asn Val Ile His Arg Ser Thr
355 360 365

Ile Ile Lys Gln Thr Leu Glu Glu Asp Gly Val Val Pro Ser Thr Ala
370 375 380

Arg Ile Ile Ser Lys Ala Glu Lys Lys Ser Val Ser Ser Phe Leu Asn
385 390 395 400

Leu Ser Val Val Val Ile Ile Met Lys Leu Ser Val Ile Leu Leu Phe
405 410 415

Val Phe Ile Asn Phe Tyr Asn Phe Gly Ala Asn Trp Val Asn Asp Ala
420 425 430

Phe Asn Ser Leu Tyr Phe Asp Lys Glu Arg Val Ser Leu Pro Asp Phe

435

440

445

Ile Thr Ser Asn Ala Ser Glu Asn Phe Lys Glu Gln Ala Ile Val Ser

450

455

460

Val Thr Pro Leu Leu Tyr Tyr Lys Pro Ile Lys Ser Tyr Gln Arg Ile

465

470

475

480

Glu Asp Met Val Leu Leu Leu Leu Arg Asn Val Ser Val Ala Ile Arg

485

490

495

Asp Arg Phe Val Ser Lys Leu Val Leu Ser Ala Leu Val Cys Ser Ala

500

505

510

Val Ile Asn Val Tyr Leu Leu Asn Ala Ala Arg Ile His Thr Ser Tyr

515

520

525

Thr Ala Asp Gln Leu Val Lys Thr Glu Val Thr Lys Lys Ser Phe Thr

530

535

540

Ala Pro Val Gln Lys Ala Ser Thr Pro Val Leu Thr Asn Lys Thr Val

545

550

555

560

Ile Ser Gly Ser Lys Val Lys Ser Leu Ser Ser Ala Gln Ser Ser Ser

565

570

575

Ser Gly Pro Ser Ser Ser Ser Glu Glu Asp Asp Ser Arg Asp Ile Glu

580

585

590

Ser Leu Asp Lys Lys Ile Arg Pro Leu Glu Glu Leu Glu Ala Leu Leu

595

600

605

Ser Ser Gly Asn Thr Lys Gln Leu Lys Asn Lys Glu Val Ala Ala Leu

610

615

620

Val Ile His Gly Lys Leu Pro Leu Tyr Ala Leu Glu Lys Lys Leu Gly

625

630

635

640

Asp Thr Thr Arg Ala Val Ala Val Arg Arg Lys Ala Leu Ser Ile Leu

645

650

655

Ala Glu Ala Pro Val Leu Ala Ser Asp Arg Leu Pro Tyr Lys Asn Tyr

660

665

670

Asp Tyr Asp Arg Val Phe Gly Ala Cys Cys Glu Asn Val Ile Gly Tyr

675

680

685

Met Pro Leu Pro Val Gly Val Ile Gly Pro Leu Val Ile Asp Gly Thr

690

695

700

Ser Tyr His Ile Pro Met Ala Thr Thr Glu Gly Cys Leu Val Ala Ser

705

710

715

720

Ala Met Arg Gly Cys Lys Ala Ile Asn Ala Gly Gly Gly Ala Thr Thr

725

730

735

Val Leu Thr Lys Asp Gly Met Thr Arg Gly Pro Val Val Arg Phe Pro

740

745

750

Thr Leu Lys Arg Ser Gly Ala Cys Lys Ile Trp Leu Asp Ser Glu Glu

755

760

765

Gly Gln Asn Ala Ile Lys Lys Ala Phe Asn Ser Thr Ser Arg Phe Ala
770 775 780

Arg Leu Gln His Ile Gln Thr Cys Leu Ala Gly Asp Leu Leu Phe Met
785 790 795 800

Arg Phe Arg Thr Thr Thr Gly Asp Ala Met Gly Met Asn Met Ile Ser
805 810 815

Lys Gly Val Glu Tyr Ser Leu Lys Gln Met Val Glu Glu Tyr Gly Trp
820 825 830

Glu Asp Met Glu Val Val Ser Val Ser Gly Asn Tyr Cys Thr Asp Lys
835 840 845

Lys Pro Ala Ala Ile Asn Trp Ile Glu Gly Arg Gly Lys Ser Val Val
850 855 860

Ala Glu Ala Thr Ile Pro Gly Asp Val Val Arg Lys Val Leu Lys Ser
865 870 875 880

Asp Val Ser Ala Leu Val Glu Leu Asn Ile Ala Lys Asn Leu Val Gly
885 890 895

Ser Ala Met Ala Gly Ser Val Gly Gly Phe Asn Ala His Ala Ala Asn
900 905 910

Leu Val Thr Ala Val Phe Leu Ala Leu Gly Gln Asp Pro Ala Gln Asn

915

920

925

Val Glu Ser Ser Asn Cys Ile Thr Leu Met Lys Glu Val Asp Gly Asp

930

935

940

Leu Arg Ile Ser Val Ser Met Pro Ser Ile Glu Val Gly Thr Ile Gly

945

950

955

960

Gly Gly Thr Val Leu Glu Pro Gln Gly Ala Met Leu Asp Leu Leu Gly

965

970

975

Val Arg Gly Pro His Ala Thr Ala Pro Gly Thr Asn Ala Arg Gln Leu

980

985

990

Ala Arg Ile Val Ala Cys Ala Val Leu Ala Gly Glu Leu Ser Leu Cys

995

1000

1005

Ala Ala Leu Ala Ala Gly His Leu Val Gln Ser His Met Thr His Asn

1010

1015

1020

Arg Lys Pro Ala Glu Pro Thr Lys Pro Asn Asn Leu Asp Ala Thr Asp

1025

1030

1035

1040

Ile Asn Arg Leu Lys Asp Gly Ser Val Thr Cys Ile Lys Ser

1045

1050

<210> 9

<211> 3165

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<220>

<221> CDS

<222> (1).. (3162)

<400> 9

atg ccg ccg cta ttc aag gga ctg aaa cag atg gca aag cca att gcc 48
Met Pro Pro Leu Phe Lys Gly Leu Lys Gln Met Ala Lys Pro Ile Ala
1 5 10 15

tat gtt tca aga ttt tcg gcg aaa cga cca att cat ata ata ctt ttt 96
Tyr Val Ser Arg Phe Ser Ala Lys Arg Pro Ile His Ile Ile Leu Phe
20 25 30

tct cta atc ata tcc gca ttc gct tat cta tcc gtc att cag tat tac 144
Ser Leu Ile Ile Ser Ala Phe Ala Tyr Leu Ser Val Ile Gln Tyr Tyr
35 40 45

ttc aat ggt tgg caa cta gat tca aat agt gtt ttt gaa act gct cca 192
Phe Asn Gly Trp Gln Leu Asp Ser Asn Ser Val Phe Glu Thr Ala Pro
50 55 60

aat aaa gac ttc aac act cta ttt caa gaa tgt tcc cat tac tac aga 240
Asn Lys Asp Phe Asn Thr Leu Phe Gln Glu Cys Ser His Tyr Tyr Arg
65 70 75 80

gat tcc tct cta gat ggt tgg gta tca atc acc gcg cat gaa gct agt 288
Asp Ser Ser Leu Asp Gly Trp Val Ser Ile Thr Ala His Glu Ala Ser
85 90 95

gag tta cca gcc cca cac cat tac tat cta tta aac ctg aac ttc aat 336

Glu Leu Pro Ala Pro His His Tyr Tyr Leu Leu Asn Leu Asn Phe Asn

100

105

110

agt cct aat gaa act gac tcc att cca gaa cta gct aac acg gtt ttt 384

Ser Pro Asn Glu Thr Asp Ser Ile Pro Glu Leu Ala Asn Thr Val Phe

115

120

125

gag aaa gat aat aca aaa tat att ctg caa gaa gat ctc agc gtt tcc 432

Glu Lys Asp Asn Thr Lys Tyr Ile Leu Gln Glu Asp Leu Ser Val Ser

130

135

140

aaa gaa att tct tct act gat gga acg aaa tgg agg tta aga agt gac 480

Lys Glu Ile Ser Ser Thr Asp Gly Thr Lys Trp Arg Leu Arg Ser Asp

145

150

155

160

aga aaa agt ctt ttc gac gta aag acg tta gca tat tct ctc tac gat 528

Arg Lys Ser Leu Phe Asp Val Lys Thr Leu Ala Tyr Ser Leu Tyr Asp

165

170

175

gta ttt tca gaa aat gta acc caa gca gac ccg ttt gac gtc ctt att 576

Val Phe Ser Glu Asn Val Thr Gln Ala Asp Pro Phe Asp Val Leu Ile

180

185

190

atg gtt act gcc tac cta atg atg ttc tac acc ata ttc ggc ctc ttc 624

Met Val Thr Ala Tyr Leu Met Met Phe Tyr Thr Ile Phe Gly Leu Phe

195

200

205

aat gac atg agg aag acc ggg tca aat ttt tgg ttg agc gcc tct aca 672

| | |
|---|-------------|
| Asn Asp Met Arg Lys Thr Gly Ser Asn Phe Trp Leu Ser Ala Ser Thr | |
| 210 | 215 220 |
| | |
| gtg gtc aat tct gca tca tca ctt ttc tta gca ttg tat gtc acc caa | 720 |
| Val Val Asn Ser Ala Ser Ser Leu Phe Leu Ala Leu Tyr Val Thr Gln | |
| 225 | 230 235 240 |
| | |
| tgt att cta ggc aaa gaa gtt tcc gca tta act ctt ttt gaa ggt ttg | 768 |
| Cys Ile Leu Gly Lys Glu Val Ser Ala Leu Thr Leu Phe Glu Gly Leu | |
| | 245 250 255 |
| | |
| cct ttc att gta gtt gtt gtt ggt ttc aag cac aaa atc aag att gcc | 816 |
| Pro Phe Ile Val Val Val Val Gly Phe Lys His Lys Ile Lys Ile Ala | |
| | 260 265 270 |
| | |
| cag tat gcc ctg gag aaa ttt gaa aga gtc ggt tta tct aaa agg att | 864 |
| Gln Tyr Ala Leu Glu Lys Phe Glu Arg Val Gly Leu Ser Lys Arg Ile | |
| | 275 280 285 |
| | |
| act acc gat gaa atc gtt ttt gaa tcc gtg agc gaa gag ggt ggt cgt | 912 |
| Thr Thr Asp Glu Ile Val Phe Glu Ser Val Ser Glu Glu Gly Gly Arg | |
| | 290 295 300 |
| | |
| ttg att caa gac cat ttg ctt tgt att ttt gcc ttt atc gga tgc tct | 960 |
| Leu Ile Gln Asp His Leu Leu Cys Ile Phe Ala Phe Ile Gly Cys Ser | |
| 305 | 310 315 320 |
| | |
| atg tat gct cac caa ttg aag act ttg aca aac ttc tgc ata tta tca | 1008 |
| Met Tyr Ala His Gln Leu Lys Thr Leu Thr Asn Phe Cys Ile Leu Ser | |
| | 325 330 335 |

gca ttt atc cta att ttc gaa ttg att tta act cct aca ttt tat tct 1056
Ala Phe Ile Leu Ile Phe Glu Leu Ile Leu Thr Pro Thr Phe Tyr Ser

340

345

350

gct atc tta gcg ctt aga ctg gaa atg aat gtt atc cac aga tct act 1104
Ala Ile Leu Ala Leu Arg Leu Glu Met Asn Val Ile His Arg Ser Thr

355

360

365

att atc aag caa aca tta gaa gaa gac ggt gtt gtt cca tct aca gca 1152
Ile Ile Lys Gln Thr Leu Glu Glu Asp Gly Val Val Pro Ser Thr Ala

370

375

380

aga atc att tct aag gca gaa aag aaa tcc gta tct tct ttc tta aat 1200
Arg Ile Ile Ser Lys Ala Glu Lys Lys Ser Val Ser Ser Phe Leu Asn
385 390 395 400

ctc agt gtg gtt gtc att atc atg aaa ctc tct gtc ata ctg ttg ttc 1248
Leu Ser Val Val Val Ile Ile Met Lys Leu Ser Val Ile Leu Leu Phe

405

410

415

gtc ttc atc aac ttt tat aac ttt ggt gca aat tgg gtc aat gat gcc 1296
Val Phe Ile Asn Phe Tyr Asn Phe Gly Ala Asn Trp Val Asn Asp Ala

420

425

430

ttc aat tca ttg tac ttc gat aag gaa cgt gtt tct cta cca gat ttt 1344
Phe Asn Ser Leu Tyr Phe Asp Lys Glu Arg Val Ser Leu Pro Asp Phe

435

440

445

att acc tcg aat gcc tct gaa aac ttt aaa gag caa gct att gtt agt 1392

Ile Thr Ser Asn Ala Ser Glu Asn Phe Lys Glu Gln Ala Ile Val Ser

450

455

460

gtc acc cca tta tta tat tac aaa ccc att aag tcc tac caa cgc att 1440

Val Thr Pro Leu Leu Tyr Tyr Lys Pro Ile Lys Ser Tyr Gln Arg Ile

465

470

475

480

gag gat atg gtt ctt cta ttg ctt cgt aat gtc agt gtt gcc att cgt 1488

Glu Asp Met Val Leu Leu Leu Leu Arg Asn Val Ser Val Ala Ile Arg

485

490

495

gat agg ttc gtc agt aaa tta gtt ctt tcc gcc tta gta tgc agt gct 1536

Asp Arg Phe Val Ser Lys Leu Val Leu Ser Ala Leu Val Cys Ser Ala

500

505

510

gtc atc aat gtg tat tta tta aat gct gct aga att cat acc agt tat 1584

Val Ile Asn Val Tyr Leu Leu Asn Ala Ala Arg Ile His Thr Ser Tyr

515

520

525

act gca gac caa ttg gtg aag act gaa gtc acc aag aag tct ttt act 1632

Thr Ala Asp Gln Leu Val Lys Thr Glu Val Thr Lys Lys Ser Phe Thr

530

535

540

gct cct gta caa aag gct tct aca cca gtt tta acc aat aaa aca gtc 1680

Ala Pro Val Gln Lys Ala Ser Thr Pro Val Leu Thr Asn Lys Thr Val

545

550

555

560

att tct gga tcg aaa gtc aaa agt tta tca tct gcg caa tcg agc tca 1728

Ile Ser Gly Ser Lys Val Lys Ser Leu Ser Ser Ala Gln Ser Ser Ser

565

570

575

tca gga cct tca tca tct agt gag gaa gat gat tcc cgc gat att gaa 1776
 Ser Gly Pro Ser Ser Ser Ser Glu Glu Asp Asp Ser Arg Asp Ile Glu
 580 585 590

agc ttg gat aag aaa ata cgt cct tta gaa gaa tta gaa gca tca tta 1824
 Ser Leu Asp Lys Lys Ile Arg Pro Leu Glu Glu Leu Glu Ala Ser Leu
 595 600 605

agt agt gga aat aca aaa caa ttg aag aac aaa gag gtc gct gcc ttg 1872
 Ser Ser Gly Asn Thr Lys Gln Leu Lys Asn Lys Glu Val Ala Ala Leu
 610 615 620

gtt att cac ggt aag tta cct ttg tac gct ttg gag aaa aaa tta ggt 1920
 Val Ile His Gly Lys Leu Pro Leu Tyr Ala Leu Glu Lys Lys Leu Gly
 625 630 635 640

gat act acg aga gcg gtt gcg gta cgt agg aag gct ctt tca att ttg 1968
 Asp Thr Thr Arg Ala Val Ala Val Arg Arg Lys Ala Leu Ser Ile Leu
 645 650 655

gca gaa gct cct gta tta gca tct gat cgt tta cca tat aaa aat tat 2016
 Ala Glu Ala Pro Val Leu Ala Ser Asp Arg Leu Pro Tyr Lys Asn Tyr
 660 665 670

gac tac gac cgc gta ttt ggc gct tgt tgt gaa aat gtt ata ggt tac 2064
 Asp Tyr Asp Arg Val Phe Gly Ala Cys Cys Glu Asn Val Ile Gly Tyr
 675 680 685

atg cct ttg ccc gtt ggt gtt ata ggc ccc ttg gtt atc gat ggt aca 2112

Met Pro Leu Pro Val Gly Val Ile Gly Pro Leu Val Ile Asp Gly Thr
 690 695 700

tct tat cat ata cca atg gca act aca gag ggt tgt ttg gta gct tct 2160
 Ser Tyr His Ile Pro Met Ala Thr Thr Glu Gly Cys Leu Val Ala Ser
 705 710 715 720

gcc atg cgt ggc tgt aag gca atc aat gct ggc ggt ggt gca aca act 2208
 Ala Met Arg Gly Cys Lys Ala Ile Asn Ala Gly Gly Gly Ala Thr Thr
 725 730 735

gtt tta act aag gat ggt atg aca aga ggc cca gta gtc cgt ttc cca 2256
 Val Leu Thr Lys Asp Gly Met Thr Arg Gly Pro Val Val Arg Phe Pro
 740 745 750

act ttg aaa aga tct ggt gcc tgt aag ata tgg tta gac tca gaa gag 2304
 Thr Leu Lys Arg Ser Gly Ala Cys Lys Ile Trp Leu Asp Ser Glu Glu
 755 760 765

gga caa aac gca att aaa aaa gct ttt aac tct aca tca aga ttt gca 2352
 Gly Gln Asn Ala Ile Lys Lys Ala Phe Asn Ser Thr Ser Arg Phe Ala
 770 775 780

cgt ctg caa cat att caa act tgt cta gca gga gat tta ctc ttc atg 2400
 Arg Leu Gln His Ile Gln Thr Cys Leu Ala Gly Asp Leu Leu Phe Met
 785 790 795 800

aga ttt aga aca act act ggt gac gca atg ggt atg aat atg att tct 2448
 Arg Phe Arg Thr Thr Thr Gly Asp Ala Met Gly Met Asn Met Ile Ser
 805 810 815

aag ggt gtc gaa tac tca tta aag caa atg gta gaa gag tat ggc tgg 2496
 Lys Gly Val Glu Tyr Ser Leu Lys Gln Met Val Glu Glu Tyr Gly Trp

820

825

830

gaa gat atg gag gtt gtc tcc gtt tct ggt aac tac tgt acc gac aaa 2544
 Glu Asp Met Glu Val Val Ser Val Ser Gly Asn Tyr Cys Thr Asp Lys

835

840

845

aaa cca gct gcc atc aac tgg atc gaa ggt cgt ggt aag agt gtc gtc 2592
 Lys Pro Ala Ala Ile Asn Trp Ile Glu Gly Arg Gly Lys Ser Val Val

850

855

860

gca gaa gct act att cct ggt gat gtt gtc aga aaa gtg tta aaa agt 2640
 Ala Glu Ala Thr Ile Pro Gly Asp Val Val Arg Lys Val Leu Lys Ser

865

870

875

880

gat gtt tcc gca ttg gtt gag ttg aac att gct aag aat ttg gtt gga 2688
 Asp Val Ser Ala Leu Val Glu Leu Asn Ile Ala Lys Asn Leu Val Gly

885

890

895

tct gca atg gct ggg tct gtt ggt gga ttt aac gca cgt gca gct aat 2736
 Ser Ala Met Ala Gly Ser Val Gly Gly Phe Asn Ala Arg Ala Ala Asn

900

905

910

tta gtg aca gct gtt ttc ttg gca tta gga caa gat cct gca caa aat 2784
 Leu Val Thr Ala Val Phe Leu Ala Leu Gly Gln Asp Pro Ala Gln Asn

915

920

925

gtc gaa agt tcc aac tgt ata aca ttg atg aaa gaa gtg gac ggt gat 2832

Val Glu Ser Ser Asn Cys Ile Thr Leu Met Lys Glu Val Asp Gly Asp

930

935

940

ttg aga att tcc gta tcc atg cca tcc atc gaa gta ggt acc atc ggt 2880

Leu Arg Ile Ser Val Ser Met Pro Ser Ile Glu Val Gly Thr Ile Gly

945

950

955

960

ggt ggt act gtt cta gaa cca caa ggt gcc atg ttg gac tta tta ggt 2928

Gly Gly Thr Val Leu Glu Pro Gln Gly Ala Met Leu Asp Leu Leu Gly

965

970

975

gta aga ggc cca cat gct acc gct cct ggt acc aac gca cgt caa tta 2976

Val Arg Gly Pro His Ala Thr Ala Pro Gly Thr Asn Ala Arg Gln Leu

980

985

990

gca aga ata gtt gcc tgt gcc gtc ttg gca ggt gaa tta tcc tta tgt 3024

Ala Arg Ile Val Ala Cys Ala Val Leu Ala Gly Glu Leu Ser Leu Cys

995

1000

1005

gct gcc cta gca gcc ggc cat ttg gtt caa agt cat atg acc cac aac 3072

Ala Ala Leu Ala Ala Gly His Leu Val Gln Ser His Met Thr His Asn

1010

1015

1020

agg aaa cct gct gaa cca aca aaa cct aac aat ttg gac gcc act gat 3120

Arg Lys Pro Ala Glu Pro Thr Lys Pro Asn Asn Leu Asp Ala Thr Asp

1025

1030

1035

1040

ata aat cgt ttg aaa gat ggg tcc gtc acc tgc att aaa tcc taa 3165

Ile Asn Arg Leu Lys Asp Gly Ser Val Thr Cys Ile Lys Ser

1045

1050

<210> 10

<211> 1054

<212> PRT

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 10

Met Pro Pro Leu Phe Lys Gly Leu Lys Gln Met Ala Lys Pro Ile Ala
1 5 10 15

Tyr Val Ser Arg Phe Ser Ala Lys Arg Pro Ile His Ile Ile Leu Phe
20 25 30

Ser Leu Ile Ile Ser Ala Phe Ala Tyr Leu Ser Val Ile Gln Tyr Tyr
35 40 45

Phe Asn Gly Trp Gln Leu Asp Ser Asn Ser Val Phe Glu Thr Ala Pro
50 55 60

Asn Lys Asp Phe Asn Thr Leu Phe Gln Glu Cys Ser His Tyr Tyr Arg
65 70 75 80

Asp Ser Ser Leu Asp Gly Trp Val Ser Ile Thr Ala His Glu Ala Ser
85 90 95

Glu Leu Pro Ala Pro His His Tyr Tyr Leu Leu Asn Leu Asn Phe Asn
100 105 110

Ser Pro Asn Glu Thr Asp Ser Ile Pro Glu Leu Ala Asn Thr Val Phe

| | | |
|---|-----|---------|
| 115 | 120 | 125 |
| Glu Lys Asp Asn Thr Lys Tyr Ile Leu Gln Glu Asp Leu Ser Val Ser | | |
| 130 | 135 | 140 |
| Lys Glu Ile Ser Ser Thr Asp Gly Thr Lys Trp Arg Leu Arg Ser Asp | | |
| 145 | 150 | 155 160 |
| Arg Lys Ser Leu Phe Asp Val Lys Thr Leu Ala Tyr Ser Leu Tyr Asp | | |
| 165 | 170 | 175 |
| Val Phe Ser Glu Asn Val Thr Gln Ala Asp Pro Phe Asp Val Leu Ile | | |
| 180 | 185 | 190 |
| Met Val Thr Ala Tyr Leu Met Met Phe Tyr Thr Ile Phe Gly Leu Phe | | |
| 195 | 200 | 205 |
| Asn Asp Met Arg Lys Thr Gly Ser Asn Phe Trp Leu Ser Ala Ser Thr | | |
| 210 | 215 | 220 |
| Val Val Asn Ser Ala Ser Ser Leu Phe Leu Ala Leu Tyr Val Thr Gln | | |
| 225 | 230 | 235 240 |
| Cys Ile Leu Gly Lys Glu Val Ser Ala Leu Thr Leu Phe Glu Gly Leu | | |
| 245 | 250 | 255 |
| Pro Phe Ile Val Val Val Val Gly Phe Lys His Lys Ile Lys Ile Ala | | |
| 260 | 265 | 270 |
| Gln Tyr Ala Leu Glu Lys Phe Glu Arg Val Gly Leu Ser Lys Arg Ile | | |

275

280

285

Thr Thr Asp Glu Ile Val Phe Glu Ser Val Ser Glu Glu Gly Gly Arg

290

295

300

Leu Ile Gln Asp His Leu Leu Cys Ile Phe Ala Phe Ile Gly Cys Ser

305

310

315

320

Met Tyr Ala His Gln Leu Lys Thr Leu Thr Asn Phe Cys Ile Leu Ser

325

330

335

Ala Phe Ile Leu Ile Phe Glu Leu Ile Leu Thr Pro Thr Phe Tyr Ser

340

345

350

Ala Ile Leu Ala Leu Arg Leu Glu Met Asn Val Ile His Arg Ser Thr

355

360

365

Ile Ile Lys Gln Thr Leu Glu Glu Asp Gly Val Val Pro Ser Thr Ala

370

375

380

Arg Ile Ile Ser Lys Ala Glu Lys Lys Ser Val Ser Ser Phe Leu Asn

385

390

395

400

Leu Ser Val Val Val Ile Ile Met Lys Leu Ser Val Ile Leu Leu Phe

405

410

415

Val Phe Ile Asn Phe Tyr Asn Phe Gly Ala Asn Trp Val Asn Asp Ala

420

425

430

Phe Asn Ser Leu Tyr Phe Asp Lys Glu Arg Val Ser Leu Pro Asp Phe

435

440

445

Ile Thr Ser Asn Ala Ser Glu Asn Phe Lys Glu Gln Ala Ile Val Ser

450

455

460

Val Thr Pro Leu Leu Tyr Tyr Lys Pro Ile Lys Ser Tyr Gln Arg Ile

465

470

475

480

Glu Asp Met Val Leu Leu Leu Leu Arg Asn Val Ser Val Ala Ile Arg

485

490

495

Asp Arg Phe Val Ser Lys Leu Val Leu Ser Ala Leu Val Cys Ser Ala

500

505

510

Val Ile Asn Val Tyr Leu Leu Asn Ala Ala Arg Ile His Thr Ser Tyr

515

520

525

Thr Ala Asp Gln Leu Val Lys Thr Glu Val Thr Lys Lys Ser Phe Thr

530

535

540

Ala Pro Val Gln Lys Ala Ser Thr Pro Val Leu Thr Asn Lys Thr Val

545

550

555

560

Ile Ser Gly Ser Lys Val Lys Ser Leu Ser Ser Ala Gln Ser Ser Ser

565

570

575

Ser Gly Pro Ser Ser Ser Ser Glu Glu Asp Asp Ser Arg Asp Ile Glu

580

585

590

Ser Leu Asp Lys Lys Ile Arg Pro Leu Glu Glu Leu Glu Ala Ser Leu

595

600

605

Ser Ser Gly Asn Thr Lys Gln Leu Lys Asn Lys Glu Val Ala Ala Leu

610

615

620

Val Ile His Gly Lys Leu Pro Leu Tyr Ala Leu Glu Lys Lys Leu Gly

625

630

635

640

Asp Thr Thr Arg Ala Val Ala Val Arg Arg Lys Ala Leu Ser Ile Leu

645

650

655

Ala Glu Ala Pro Val Leu Ala Ser Asp Arg Leu Pro Tyr Lys Asn Tyr

660

665

670

Asp Tyr Asp Arg Val Phe Gly Ala Cys Cys Glu Asn Val Ile Gly Tyr

675

680

685

Met Pro Leu Pro Val Gly Val Ile Gly Pro Leu Val Ile Asp Gly Thr

690

695

700

Ser Tyr His Ile Pro Met Ala Thr Thr Glu Gly Cys Leu Val Ala Ser

705

710

715

720

Ala Met Arg Gly Cys Lys Ala Ile Asn Ala Gly Gly Gly Ala Thr Thr

725

730

735

Val Leu Thr Lys Asp Gly Met Thr Arg Gly Pro Val Val Arg Phe Pro

740

745

750

Thr Leu Lys Arg Ser Gly Ala Cys Lys Ile Trp Leu Asp Ser Glu Glu

| | | |
|---|-----|---------|
| 755 | 760 | 765 |
| Gly Gln Asn Ala Ile Lys Lys Ala Phe Asn Ser Thr Ser Arg Phe Ala | | |
| 770 | 775 | 780 |
| Arg Leu Gln His Ile Gln Thr Cys Leu Ala Gly Asp Leu Leu Phe Met | | |
| 785 | 790 | 795 800 |
| Arg Phe Arg Thr Thr Thr Gly Asp Ala Met Gly Met Asn Met Ile Ser | | |
| 805 | 810 | 815 |
| Lys Gly Val Glu Tyr Ser Leu Lys Gln Met Val Glu Glu Tyr Gly Trp | | |
| 820 | 825 | 830 |
| Glu Asp Met Glu Val Val Ser Val Ser Gly Asn Tyr Cys Thr Asp Lys | | |
| 835 | 840 | 845 |
| Lys Pro Ala Ala Ile Asn Trp Ile Glu Gly Arg Gly Lys Ser Val Val | | |
| 850 | 855 | 860 |
| Ala Glu Ala Thr Ile Pro Gly Asp Val Val Arg Lys Val Leu Lys Ser | | |
| 865 | 870 | 875 880 |
| Asp Val Ser Ala Leu Val Glu Leu Asn Ile Ala Lys Asn Leu Val Gly | | |
| 885 | 890 | 895 |
| Ser Ala Met Ala Gly Ser Val Gly Gly Phe Asn Ala Arg Ala Ala Asn | | |
| 900 | 905 | 910 |
| Leu Val Thr Ala Val Phe Leu Ala Leu Gly Gln Asp Pro Ala Gln Asn | | |

915

920

925

Val Glu Ser Ser Asn Cys Ile Thr Leu Met Lys Glu Val Asp Gly Asp

930

935

940

Leu Arg Ile Ser Val Ser Met Pro Ser Ile Glu Val Gly Thr Ile Gly

945

950

955

960

Gly Gly Thr Val Leu Glu Pro Gln Gly Ala Met Leu Asp Leu Leu Gly

965

970

975

Val Arg Gly Pro His Ala Thr Ala Pro Gly Thr Asn Ala Arg Gln Leu

980

985

990

Ala Arg Ile Val Ala Cys Ala Val Leu Ala Gly Glu Leu Ser Leu Cys

995

1000

1005

Ala Ala Leu Ala Ala Gly His Leu Val Gln Ser His Met Thr His Asn

1010

1015

1020

Arg Lys Pro Ala Glu Pro Thr Lys Pro Asn Asn Leu Asp Ala Thr Asp

1025

1030

1035

1040

Ile Asn Arg Leu Lys Asp Gly Ser Val Thr Cys Ile Lys Ser

1045

1050

<210> 11

<211> 3165

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<220>

<221> CDS

<222> (1).. (3162)

<400> 11

| | |
|--|----|
| atg ccg ccg cta ttc aag gga ctg aaa cag atg gca aag cca att gcc | 48 |
| Met Pro Pro Leu Phe Lys Gly Leu Lys Gln Met Ala Lys Pro Ile Ala | |
| 1 5 10 15 | |

| | |
|---|----|
| tat gtt tca aga ttt tcg gcg aaa cga cca att cat ata ata ctt ttt | 96 |
| Tyr Val Ser Arg Phe Ser Ala Lys Arg Pro Ile His Ile Ile Leu Phe | |
| 20 25 30 | |

| | |
|---|-----|
| tct cta atc ata tcc gca ttc gct tat cta tcc gtc att cag tat tac | 144 |
| Ser Leu Ile Ile Ser Ala Phe Ala Tyr Leu Ser Val Ile Gln Tyr Tyr | |
| 35 40 45 | |

| | |
|---|-----|
| ttc aat ggt tgg caa cta gat tca aat agt gtt ttt gaa act gct cca | 192 |
| Phe Asn Gly Trp Gln Leu Asp Ser Asn Ser Val Phe Glu Thr Ala Pro | |
| 50 55 60 | |

| | |
|--|-----|
| aat aaa gac tcc aac act cta ttt caa gaa tgt tcc cat tac tac aga | 240 |
| Asn Lys Asp Ser Asn Thr Leu Phe Gln Glu Cys Ser His Tyr Tyr Arg | |
| 65 70 75 80 | |

| | |
|---|-----|
| gat tcc tct cta gat ggt tgg gta tca atc acc gcg cat gaa gct agt | 288 |
| Asp Ser Ser Leu Asp Gly Trp Val Ser Ile Thr Ala His Glu Ala Ser | |
| 85 90 95 | |

gag tta cca gcc cca cac cat tac tat cta tta aac ctg aac ttc aat 336

Glu Leu Pro Ala Pro His His Tyr Tyr Leu Leu Asn Leu Asn Phe Asn

100

105

110

agt cct aat gaa act gac tcc att cca gaa cta gct aac acg gtt ttt 384

Ser Pro Asn Glu Thr Asp Ser Ile Pro Glu Leu Ala Asn Thr Val Phe

115

120

125

gag aaa gat aat aca aaa tat att ctg caa gaa gat ctc agc gtt tcc 432

Glu Lys Asp Asn Thr Lys Tyr Ile Leu Gln Glu Asp Leu Ser Val Ser

130

135

140

aaa gaa att tct tct act gat gga acg aaa tgg agg tta aga agt gac 480

Lys Glu Ile Ser Ser Thr Asp Gly Thr Lys Trp Arg Leu Arg Ser Asp

145

150

155

160

aga aaa agt ctt ttc gac gta aag acg tta gca tat tct ctc tac gat 528

Arg Lys Ser Leu Phe Asp Val Lys Thr Leu Ala Tyr Ser Leu Tyr Asp

165

170

175

gta ttt tca gaa aat gta acc caa gca gac ccg ttt gac gtc ctt att 576

Val Phe Ser Glu Asn Val Thr Gln Ala Asp Pro Phe Asp Val Leu Ile

180

185

190

atg gtt act gcc tac cta atg atg ttc tac acc ata ttc ggc ctc ttc 624

Met Val Thr Ala Tyr Leu Met Met Phe Tyr Thr Ile Phe Gly Leu Phe

195

200

205

aat gac atg agg aag acc ggg tca aat ttt tgg ttg agc gcc tct aca 672

| | |
|---|-------------|
| Asn Asp Met Arg Lys Thr Gly Ser Asn Phe Trp Leu Ser Ala Ser Thr | |
| 210 | 215 220 |
| | |
| gtg gtc aat tct gca tca tca ctt ttc tta gca ttg tat gtc acc caa | 720 |
| Val Val Asn Ser Ala Ser Ser Leu Phe Leu Ala Leu Tyr Val Thr Gln | |
| 225 | 230 235 240 |
| | |
| tgt att cta ggc aaa gaa gtt tcc gca tta act ctt ttt gaa ggt ttg | 768 |
| Cys Ile Leu Gly Lys Glu Val Ser Ala Leu Thr Leu Phe Glu Gly Leu | |
| | 245 250 255 |
| | |
| cct ttc att gta gtt gtt gtt ggt ttc aag cac aaa atc aag att gcc | 816 |
| Pro Phe Ile Val Val Val Val Gly Phe Lys His Lys Ile Lys Ile Ala | |
| | 260 265 270 |
| | |
| cag tat gcc ctg gag aaa ttt gaa aga gtc ggt tta tct aaa agg att | 864 |
| Gln Tyr Ala Leu Glu Lys Phe Glu Arg Val Gly Leu Ser Lys Arg Ile | |
| | 275 280 285 |
| | |
| act acc gat gaa atc gtt ttt gaa tcc gtg agc gaa gag ggt ggt cgt | 912 |
| Thr Thr Asp Glu Ile Val Phe Glu Ser Val Ser Glu Glu Gly Gly Arg | |
| | 290 295 300 |
| | |
| ttg att caa gac cat ttg ctt tgt att ttt gcc ttt atc gga tgc tct | 960 |
| Leu Ile Gln Asp His Leu Leu Cys Ile Phe Ala Phe Ile Gly Cys Ser | |
| 305 | 310 315 320 |
| | |
| atg tat gct cac caa ttg aag act ttg aca aac ttc tgc ata tta tca | 1008 |
| Met Tyr Ala His Gln Leu Lys Thr Leu Thr Asn Phe Cys Ile Leu Ser | |
| | 325 330 335 |

gca ttt atc cta att ttc gaa ttg att tta act cct aca ttt tat tct 1056
Ala Phe Ile Leu Ile Phe Glu Leu Ile Leu Thr Pro Thr Phe Tyr Ser

340

345

350

gct atc tta gcg ctt aga ctg gaa atg aat gtt atc cac aga tct act 1104
Ala Ile Leu Ala Leu Arg Leu Glu Met Asn Val Ile His Arg Ser Thr

355

360

365

att atc aag caa aca tta gaa gaa gac ggt gtt gtt cca tct aca gca 1152
Ile Ile Lys Gln Thr Leu Glu Glu Asp Gly Val Val Pro Ser Thr Ala

370

375

380

aga atc att tct aag gca gaa aag aaa tcc gta tct tct ttc tta aat 1200
Arg Ile Ile Ser Lys Ala Glu Lys Lys Ser Val Ser Ser Phe Leu Asn

385

390

395

400

ctc agt gtg gtt gtc att atc atg aaa ctc tct gtc ata ctg ttg ttc 1248
Leu Ser Val Val Val Ile Ile Met Lys Leu Ser Val Ile Leu Leu Phe

405

410

415

gtc ttc atc aac ttt tat aac ttt ggt gca aat tgg gtc aat gat gcc 1296
Val Phe Ile Asn Phe Tyr Asn Phe Gly Ala Asn Trp Val Asn Asp Ala

420

425

430

ttc aat tca ttg tac ttc gat aag gaa cgt gtt tct cta cca gat ttt 1344
Phe Asn Ser Leu Tyr Phe Asp Lys Glu Arg Val Ser Leu Pro Asp Phe

435

440

445

att acc tcg aat gcc tct gaa aac ttt aaa gag caa gct att gtt agt 1392

Ile Thr Ser Asn Ala Ser Glu Asn Phe Lys Glu Gln Ala Ile Val Ser
 450 455 460

gtc acc cca tta tta tat tac aaa ccc att aag tcc tac caa cgc att 1440
 Val Thr Pro Leu Leu Tyr Tyr Lys Pro Ile Lys Ser Tyr Gln Arg Ile
 465 470 475 480

gag gat atg gtt ctt cta ttg ctt cgt aat gtc agt gtt gcc att cgt 1488
 Glu Asp Met Val Leu Leu Leu Leu Arg Asn Val Ser Val Ala Ile Arg
 485 490 495

gat agg ttc gtc agt aaa tta gtt ctt tcc gcc tta gta tgc agt gct 1536
 Asp Arg Phe Val Ser Lys Leu Val Leu Ser Ala Leu Val Cys Ser Ala
 500 505 510

gtc atc aat gtg tat tta tta aat gct gct aga att cat acc agt tat 1584
 Val Ile Asn Val Tyr Leu Leu Asn Ala Ala Arg Ile His Thr Ser Tyr
 515 520 525

act gca gac caa ttg gtg aag act gaa gtc acc aag aag tct ttt act 1632
 Thr Ala Asp Gln Leu Val Lys Thr Glu Val Thr Lys Lys Ser Phe Thr
 530 535 540

gct cct gta caa aag gct tct aca cca gtt tta acc aat aaa aca gtc 1680
 Ala Pro Val Gln Lys Ala Ser Thr Pro Val Leu Thr Asn Lys Thr Val
 545 550 555 560

att tct gga tcg aaa gtc aaa agt tta tca tct gcg caa tcg agc tca 1728
 Ile Ser Gly Ser Lys Val Lys Ser Leu Ser Ser Ala Gln Ser Ser Ser
 565 570 575

tca gga cct tca tca tct agt gag gaa gat gat tcc cgc gat att gaa 1776
 Ser Gly Pro Ser Ser Ser Ser Glu Glu Asp Asp Ser Arg Asp Ile Glu

580

585

590

agc ttg gat aag aaa ata cgt cct tta gaa gaa tta gaa gca tta tta 1824
 Ser Leu Asp Lys Lys Ile Arg Pro Leu Glu Glu Leu Glu Ala Leu Leu

595

600

605

agt agt gga aat aca aaa caa ttg aag aac aaa gag gtc gct gcc ttg 1872
 Ser Ser Gly Asn Thr Lys Gln Leu Lys Asn Lys Glu Val Ala Ala Leu

610

615

620

gtt att cac ggt aag tta cct ttg tac gct ttg gag aaa aaa tta ggt 1920
 Val Ile His Gly Lys Leu Pro Leu Tyr Ala Leu Glu Lys Lys Leu Gly

625

630

635

640

gat act acg aga gcg gtt gcg gta cgt agg aag gct ctt tca att ttg 1968
 Asp Thr Thr Arg Ala Val Ala Val Arg Arg Lys Ala Leu Ser Ile Leu

645

650

655

gca gaa gct cct gta tta gca tct gat cgt tta cca tat aaa aat tat 2016
 Ala Glu Ala Pro Val Leu Ala Ser Asp Arg Leu Pro Tyr Lys Asn Tyr

660

665

670

gac tac gac cgc gta ttt ggc gct tgt tgt gaa aat gtt ata ggt tac 2064
 Asp Tyr Asp Arg Val Phe Gly Ala Cys Cys Glu Asn Val Ile Gly Tyr

675

680

685

atg cct ttg ccc gtt ggt gtt ata ggc ccc ttg gtt atc gat ggt aca 2112

| | |
|---|-----------------|
| Met Pro Leu Pro Val Gly Val Ile Gly Pro Leu Val Ile Asp Gly Thr | |
| 690 | 695 700 |
| tct tat cat ata cca atg gca act aca gag ggt tgt ttg gta gct tct | 2160 |
| Ser Tyr His Ile Pro Met Ala Thr Thr Glu Gly Cys Leu Val Ala Ser | |
| 705 | 710 715 720 |
| gcc atg cgt ggc tgt aag gca atc aat gct ggc ggt ggt gca aca act | 2208 |
| Ala Met Arg Gly Cys Lys Ala Ile Asn Ala Gly Gly Gly Ala Thr Thr | |
| | 725 730 735 |
| gtt tta act aag gat ggt atg aca aga ggc cca gta gtc cgt ttc cca | 2256 |
| Val Leu Thr Lys Asp Gly Met Thr Arg Gly Pro Val Val Arg Phe Pro | |
| | 740 745 750 |
| act ttg aaa aga tct ggt gcc tgt aag ata tgg tta gac tca gaa gag | 2304 |
| Thr Leu Lys Arg Ser Gly Ala Cys Lys Ile Trp Leu Asp Ser Glu Glu | |
| | 755 760 765 |
| gga caa aac gca att aaa aaa gct ttt aac tct aca tca aga ttt gca | 2352 |
| Gly Gln Asn Ala Ile Lys Lys Ala Phe Asn Ser Thr Ser Arg Phe Ala | |
| | 770 775 780 |
| cgt ctg caa cat att caa act tgt cta gca gga gat tta ctc ttc atg | 2400 |
| Arg Leu Gln His Ile Gln Thr Cys Leu Ala Gly Asp Leu Leu Phe Met | |
| | 785 790 795 800 |
| aga ttt aga aca act act ggt gac gca atg ggt atg aat atg att tct | 2448 |
| Arg Phe Arg Thr Thr Thr Gly Asp Ala Met Gly Met Asn Met Ile Ser | |
| | 805 810 815 |

aag ggt gtc gaa tac tca tta aag caa atg gta gaa gag tat ggc tgg 2496
 Lys Gly Val Glu Tyr Ser Leu Lys Gln Met Val Glu Glu Tyr Gly Trp

820

825

830

gaa gat atg gag gtt gtc tcc gtt tct ggt aac tac tgt acc gac aaa 2544
 Glu Asp Met Glu Val Val Ser Val Ser Gly Asn Tyr Cys Thr Asp Lys

835

840

845

aaa cca gct gcc atc aac tgg atc gaa ggt cgt ggt aag agt gtc gtc 2592
 Lys Pro Ala Ala Ile Asn Trp Ile Glu Gly Arg Gly Lys Ser Val Val

850

855

860

gca gaa gct act att cct ggt gat gtt gtc aga aaa gtg tta aaa agt 2640
 Ala Glu Ala Thr Ile Pro Gly Asp Val Val Arg Lys Val Leu Lys Ser

865

870

875

880

gat gtt tcc gca ttg gtt gag ttg aac att gct aag aat ttg gtt gga 2688
 Asp Val Ser Ala Leu Val Glu Leu Asn Ile Ala Lys Asn Leu Val Gly

885

890

895

tct gca atg gct ggg tct gtt ggt gga ttt aac gca cat gca gct aat 2736
 Ser Ala Met Ala Gly Ser Val Gly Gly Phe Asn Ala His Ala Ala Asn

900

905

910

tta gtg aca gct gtt ttc ttg gca tta gga caa gat cct gca caa aat 2784
 Leu Val Thr Ala Val Phe Leu Ala Leu Gly Gln Asp Pro Ala Gln Asn

915

920

925

gtc gaa agt tcc aac tgt ata aca ttg atg aaa gaa gtg gac ggt gat 2832

Val Glu Ser Ser Asn Cys Ile Thr Leu Met Lys Glu Val Asp Gly Asp
 930 935 940

ttg aga att tcc gta tcc atg cca tcc atc gaa gta ggt acc atc ggt 2880
 Leu Arg Ile Ser Val Ser Met Pro Ser Ile Glu Val Gly Thr Ile Gly
 945 950 955 960

ggg ggt act gtt cta gaa cca caa ggt gcc atg ttg gac tta tta ggt 2928
 Gly Gly Thr Val Leu Glu Pro Gln Gly Ala Met Leu Asp Leu Leu Gly
 965 970 975

gta aga ggc cca cat gct acc gct cct ggt acc aac gca cgt caa tta 2976
 Val Arg Gly Pro His Ala Thr Ala Pro Gly Thr Asn Ala Arg Gln Leu
 980 985 990

gca aga ata gtt gcc tgt gcc gtc ttg gca ggt gaa tta tcc tta tgt 3024
 Ala Arg Ile Val Ala Cys Ala Val Leu Ala Gly Glu Leu Ser Leu Cys
 995 1000 1005

gct gcc cta gca gcc ggc cat ttg gtt caa agt cat atg acc cac aac 3072
 Ala Ala Leu Ala Ala Gly His Leu Val Gln Ser His Met Thr His Asn
 1010 1015 1020

agg aaa cct gct gaa cca aca aaa cct aac aat ttg gac gcc act gat 3120
 Arg Lys Pro Ala Glu Pro Thr Lys Pro Asn Asn Leu Asp Ala Thr Asp
 1025 1030 1035 1040

ata aat cgt ttg aaa gat ggg tcc gtc acc tgc att aaa tcc taa 3165
 Ile Asn Arg Leu Lys Asp Gly Ser Val Thr Cys Ile Lys Ser
 1045 1050

<210> 12

<211> 1054

<212> PRT

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 12

Met Pro Pro Leu Phe Lys Gly Leu Lys Gln Met Ala Lys Pro Ile Ala

1

5

10

15

Tyr Val Ser Arg Phe Ser Ala Lys Arg Pro Ile His Ile Ile Leu Phe

20

25

30

Ser Leu Ile Ile Ser Ala Phe Ala Tyr Leu Ser Val Ile Gln Tyr Tyr

35

40

45

Phe Asn Gly Trp Gln Leu Asp Ser Asn Ser Val Phe Glu Thr Ala Pro

50

55

60

Asn Lys Asp Ser Asn Thr Leu Phe Gln Glu Cys Ser His Tyr Tyr Arg

65

70

75

80

Asp Ser Ser Leu Asp Gly Trp Val Ser Ile Thr Ala His Glu Ala Ser

85

90

95

Glu Leu Pro Ala Pro His His Tyr Tyr Leu Leu Asn Leu Asn Phe Asn

100

105

110

Ser Pro Asn Glu Thr Asp Ser Ile Pro Glu Leu Ala Asn Thr Val Phe

| | | |
|---|-----|-----|
| 115 | 120 | 125 |
| Glu Lys Asp Asn Thr Lys Tyr Ile Leu Gln Glu Asp Leu Ser Val Ser | | |
| 130 | 135 | 140 |
| Lys Glu Ile Ser Ser Thr Asp Gly Thr Lys Trp Arg Leu Arg Ser Asp | | |
| 145 | 150 | 155 |
| 160 | | |
| Arg Lys Ser Leu Phe Asp Val Lys Thr Leu Ala Tyr Ser Leu Tyr Asp | | |
| 165 | 170 | 175 |
| Val Phe Ser Glu Asn Val Thr Gln Ala Asp Pro Phe Asp Val Leu Ile | | |
| 180 | 185 | 190 |
| Met Val Thr Ala Tyr Leu Met Met Phe Tyr Thr Ile Phe Gly Leu Phe | | |
| 195 | 200 | 205 |
| Asn Asp Met Arg Lys Thr Gly Ser Asn Phe Trp Leu Ser Ala Ser Thr | | |
| 210 | 215 | 220 |
| Val Val Asn Ser Ala Ser Ser Leu Phe Leu Ala Leu Tyr Val Thr Gln | | |
| 225 | 230 | 235 |
| 240 | | |
| Cys Ile Leu Gly Lys Glu Val Ser Ala Leu Thr Leu Phe Glu Gly Leu | | |
| 245 | 250 | 255 |
| Pro Phe Ile Val Val Val Val Gly Phe Lys His Lys Ile Lys Ile Ala | | |
| 260 | 265 | 270 |
| Gln Tyr Ala Leu Glu Lys Phe Glu Arg Val Gly Leu Ser Lys Arg Ile | | |

275

280

285

Thr Thr Asp Glu Ile Val Phe Glu Ser Val Ser Glu Glu Gly Gly Arg

290

295

300

Leu Ile Gln Asp His Leu Leu Cys Ile Phe Ala Phe Ile Gly Cys Ser

305

310

315

320

Met Tyr Ala His Gln Leu Lys Thr Leu Thr Asn Phe Cys Ile Leu Ser

325

330

335

Ala Phe Ile Leu Ile Phe Glu Leu Ile Leu Thr Pro Thr Phe Tyr Ser

340

345

350

Ala Ile Leu Ala Leu Arg Leu Glu Met Asn Val Ile His Arg Ser Thr

355

360

365

Ile Ile Lys Gln Thr Leu Glu Glu Asp Gly Val Val Pro Ser Thr Ala

370

375

380

Arg Ile Ile Ser Lys Ala Glu Lys Lys Ser Val Ser Ser Phe Leu Asn

385

390

395

400

Leu Ser Val Val Val Ile Ile Met Lys Leu Ser Val Ile Leu Leu Phe

405

410

415

Val Phe Ile Asn Phe Tyr Asn Phe Gly Ala Asn Trp Val Asn Asp Ala

420

425

430

Phe Asn Ser Leu Tyr Phe Asp Lys Glu Arg Val Ser Leu Pro Asp Phe

435

440

445

Ile Thr Ser Asn Ala Ser Glu Asn Phe Lys Glu Gln Ala Ile Val Ser

450

455

460

Val Thr Pro Leu Leu Tyr Tyr Lys Pro Ile Lys Ser Tyr Gln Arg Ile

465

470

475

480

Glu Asp Met Val Leu Leu Leu Leu Arg Asn Val Ser Val Ala Ile Arg

485

490

495

Asp Arg Phe Val Ser Lys Leu Val Leu Ser Ala Leu Val Cys Ser Ala

500

505

510

Val Ile Asn Val Tyr Leu Leu Asn Ala Ala Arg Ile His Thr Ser Tyr

515

520

525

Thr Ala Asp Gln Leu Val Lys Thr Glu Val Thr Lys Lys Ser Phe Thr

530

535

540

Ala Pro Val Gln Lys Ala Ser Thr Pro Val Leu Thr Asn Lys Thr Val

545

550

555

560

Ile Ser Gly Ser Lys Val Lys Ser Leu Ser Ser Ala Gln Ser Ser Ser

565

570

575

Ser Gly Pro Ser Ser Ser Ser Glu Glu Asp Asp Ser Arg Asp Ile Glu

580

585

590

Ser Leu Asp Lys Lys Ile Arg Pro Leu Glu Glu Leu Glu Ala Leu Leu

595

600

605

Ser Ser Gly Asn Thr Lys Gln Leu Lys Asn Lys Glu Val Ala Ala Leu

610

615

620

Val Ile His Gly Lys Leu Pro Leu Tyr Ala Leu Glu Lys Lys Leu Gly

625

630

635

640

Asp Thr Thr Arg Ala Val Ala Val Arg Arg Lys Ala Leu Ser Ile Leu

645

650

655

Ala Glu Ala Pro Val Leu Ala Ser Asp Arg Leu Pro Tyr Lys Asn Tyr

660

665

670

Asp Tyr Asp Arg Val Phe Gly Ala Cys Cys Glu Asn Val Ile Gly Tyr

675

680

685

Met Pro Leu Pro Val Gly Val Ile Gly Pro Leu Val Ile Asp Gly Thr

690

695

700

Ser Tyr His Ile Pro Met Ala Thr Thr Glu Gly Cys Leu Val Ala Ser

705

710

715

720

Ala Met Arg Gly Cys Lys Ala Ile Asn Ala Gly Gly Gly Ala Thr Thr

725

730

735

Val Leu Thr Lys Asp Gly Met Thr Arg Gly Pro Val Val Arg Phe Pro

740

745

750

Thr Leu Lys Arg Ser Gly Ala Cys Lys Ile Trp Leu Asp Ser Glu Glu

755

760

765

Gly Gln Asn Ala Ile Lys Lys Ala Phe Asn Ser Thr Ser Arg Phe Ala

770

775

780

Arg Leu Gln His Ile Gln Thr Cys Leu Ala Gly Asp Leu Leu Phe Met

785

790

795

800

Arg Phe Arg Thr Thr Thr Gly Asp Ala Met Gly Met Asn Met Ile Ser

805

810

815

Lys Gly Val Glu Tyr Ser Leu Lys Gln Met Val Glu Glu Tyr Gly Trp

820

825

830

Glu Asp Met Glu Val Val Ser Val Ser Gly Asn Tyr Cys Thr Asp Lys

835

840

845

Lys Pro Ala Ala Ile Asn Trp Ile Glu Gly Arg Gly Lys Ser Val Val

850

855

860

Ala Glu Ala Thr Ile Pro Gly Asp Val Val Arg Lys Val Leu Lys Ser

865

870

875

880

Asp Val Ser Ala Leu Val Glu Leu Asn Ile Ala Lys Asn Leu Val Gly

885

890

895

Ser Ala Met Ala Gly Ser Val Gly Gly Phe Asn Ala His Ala Ala Asn

900

905

910

Leu Val Thr Ala Val Phe Leu Ala Leu Gly Gln Asp Pro Ala Gln Asn

915

920

925

Val Glu Ser Ser Asn Cys Ile Thr Leu Met Lys Glu Val Asp Gly Asp

930

935

940

Leu Arg Ile Ser Val Ser Met Pro Ser Ile Glu Val Gly Thr Ile Gly

945

950

955

960

Gly Gly Thr Val Leu Glu Pro Gln Gly Ala Met Leu Asp Leu Leu Gly

965

970

975

Val Arg Gly Pro His Ala Thr Ala Pro Gly Thr Asn Ala Arg Gln Leu

980

985

990

Ala Arg Ile Val Ala Cys Ala Val Leu Ala Gly Glu Leu Ser Leu Cys

995

1000

1005

Ala Ala Leu Ala Ala Gly His Leu Val Gln Ser His Met Thr His Asn

1010

1015

1020

Arg Lys Pro Ala Glu Pro Thr Lys Pro Asn Asn Leu Asp Ala Thr Asp

1025

1030

1035

1040

Ile Asn Arg Leu Lys Asp Gly Ser Val Thr Cys Ile Lys Ser

1045

1050

<210> 13

<211> 2925

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 13

atgccgccgc taitcaaggg actgaaacag atggcaaagc caattgccta tgtttcaaga 60
ttttcggcga aacgaccaat tcatataata cttttttctc taatcatatc cgcattcgct 120
tatctatccg tcattcagta ttactticaat ggttggcaac tagattcaaa tagtgttttt 180
gaaactgctc caaataaaga cttaacact ctatttcaag aatgttccca ttactacaga 240
gattcctctc tagatggttg ggtatcaatc accgcgcattg aagctagtga gttaccagcc 300
ccacaccatt actatctatt aaacctgaac ttcaatagtc ctaatgaaac tgactccatt 360
ccagaactag ctaacacggt ttttgagaaa gataatacaa aatatattct gcaagaagat 420
ctcagcgttt ccaaagaaat ttctttctact gatggaacga aatggaggtt aagaagtgac 480
agaaaaagtc ttttcgacgt aaagacgtta gcatattctc tctacgatgt attttcagaa 540
aatgtaaccc aagcagacca caaatcaag attgcccagt atgccctgga gaaatttgaa 600
agagtcgggtt tatctaaaag gattactacc gatgaaatcg tttttgaatc cgtgagcgaa 660
gagggtggtc gtttgattca agaccatttg ctttgtatit ttgcctttat cggatgctct 720
atgtatgctc accaattgaa gactttigaca aacttctgca tattatcagc atttatccta 780
attttcgaat tgattttaac tcctacattt tattctgcta tcttagcgct tagactggaa 840

atgaatgta tccacagatc tactattatc aagcaaaca tagaagaaga cgggtgtgtt 900
ccatctacag caagaatcat ttctaaggca gaaaagaaat ccgtatcttc tttcttaaat 960
ctcagtgtgg ttgtcattat catgaaactc tctgtcatatc tgttgttcgt cttcatcaac 1020
ttttataact ttgggtgcaaa ttgggtcaat gatgccttca attcattgta cttcgataag 1080
gaacgtgttt ctctaccaga ttttattacc tcgaatgcct ctgaaaactt taaagagcaa 1140
gctattgta gtgtcacccc attattatat tacaaccca ttaagtccta ccaacgcatt 1200
gaggatatgg ttcttctatt gcttcgtaat gtcagtgttg ccattcgtga taggttcgtc 1260
agtaaattag ttctttccgc cttagtatgc agtgcgtgca tcaatgtgta tttattaaat 1320
gctgctagaa ttcataccag ttatactgca gaccaattgg tgaagactga agtcaccaag 1380
aagcttttta ctgctcctgt acaaaaggct tctacaccag ttttaacaa taaaacagtc 1440
atttctggat cgaaagtcaa aagtttatca tctgcgcaat cgagctcatc aggaccttca 1500
tcatctagtg aggaagatga ttcccgcat attgaaagct tggataagaa aatacgtcct 1560
ttagaagaat tagaagcatc attaagtagt ggaaatacaa aacaattgaa gaacaaagag 1620
gtcgtgcct tggttattca cggtaagtta cctttgtacg ctttggagaa aaaattaggt 1680
gatactacga gagcggttgc ggtacgtagg aaggctcttt caattttggc agaagctcct 1740

gtattagcat ctgacgttt accatataaa aattatgact acgaccgcgt atttggcgct 1800
tgttgtgaaa atgttatagg ttacatgcct ttgccgttg gtgttatagg ccccttggtt 1860
atcgatggta catcttatca tataccaatg gcaactacag agggttgttt ggtagcttct 1920
gccatgcgtg gctgtaaggc aatcaatgct ggcggtggcg caacaactgt ttttaactaag 1980
gatggatatga caagaggccc agtagtccgt ttcccaactt tgaaaagatc tggcgctgt 2040
aagatatggt tagactcaga agagggacaa aacgcaatta aaaaagcttt taactctaca 2100
tcaagatttg cacgtctgca acatattcaa acttgtctag caggagattt actcttcatg 2160
agatttagaa caactactgg tgacgcaatg ggtatgaata tgatttctaa ggggtgtcgaa 2220
tactcattaa agcaaattgt agaagagtat ggctgggaag atatggaggt tgtctccgtt 2280
tctggtaact actgtaccga caaaaaacca gctgccatca actggatcga aggtcgtggt 2340
aagagtgtcg tcgcagaagc tactattcct ggtgatgttg tcagaaaagt gttaaaaagt 2400
gatgtttccg cattggttga gttgaacatt gctaagaatt tggttggatc tgcaatggct 2460
gggtctgttg gtggatttaa cgcacgtgca gctaatttag tgacagctgt tttcttggca 2520
ttaggacaag atcctgcaca aaatgtcgaa agttccaact gtataacatt gatgaaagaa 2580
gtggacggcg atttgagaat ttccgtatcc atgccatcca tcgaagtagg taccatcggt 2640

ggtggtactg ttctagaacc acaaggtgcc atgttggact tattaggtgt aagaggccca 2700
catgctaccg ctcttggtac caacgcacgt caattagcaa gaatagttgc ctgtgccgtc 2760
ttggcaggtg aattatcctt atgtgctgcc ctagcagccg gccatttggc tcaaagtcac 2820
atgaccacac acaggaaacc tgctgaacca acaaaaccta acaatttggc cgccactgat 2880
ataaatcggt tgaaagatgg gtccgtcacc tgcattaaat cctaa 2925

<210> 14

<211> 3090

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 14

atgccgccgc tattcaaggg actgaaacag atggcaaagc caattgccta tgtttcaaga 60
ttttcggcga aacgaccaat tcatataata cttttttctc taatcatatc cgcatcgcct 120
tatctatccg tcattcagta ttacttcaat ggttggcaac tagattcaa tagtgTTTT 180
gaaactgctc caaataaaga cttaacact ctatttcaag aatgttccca ttactacaga 240
gattcctctc tagatggttg ggtatcaatc accgcgcatt aagctagtga gttaccagcc 300
ccacaccatt actatctatt aaacctgaac ttcaatagtc ctaatgaaac tgactccatt 360

ccagaactag ctaacacggt ttttgagaaa gataatacaa aatatattct gcaagaagat 420

ctcagcgttt ccaaagaaat ttcttctact gatggaacga aatggagggt aagaagtgac 480

agaaaaagtc ttttcgacgt aaagacgtta gcatattctc tctacgatgt attttcagaa 540

aatgtaacce aagcagaccc gtttgacgtc cttattatgg ttactgccta cctaataatg 600

ttctacacca tattcggcct ctccaatgac atgaggaaga ccgggtcaaa tttttggttg 660

agcgccctta cagtgggtcaa ttctgcatca tcacttttct tagcattgta tgtcacccaa 720

tgtattctag gcaaagaagt ttccgcatta actctttttg aaggtttgcc tttcattgta 780

gttgttgttg gtttcaagca caaatcaag attgcccagt atgccctgga gaaatttgaa 840

agagtcggtt tatctaaaag gattactacc gatgaaatcg tttttgaatc cgtgagcgaa 900

gagggtggtc gtttgattca agaccatttg ctttgtattt ttgcctttat cggatgctct 960

atgtatgctc accaattgaa gactttgaca aacttctgca tattatcagc atttatccta 1020

attttcgaat tgattttaac tcctacattt tattctgcta tcttagcgct tagactggaa 1080

atgaatgita tccacagatc tactattatc aagcaaacat tagaagaaga cgggtgttgtt 1140

ccatctacag caagaatcat ttctaaggca gaaaagaaat ccgtatcttc taacttttgtt 1200

gcaaattggg tcaatgatgc ctccaattca ttgtacttcg ataaggaacg tgtttctcta 1260

ccagatttta ttacctcgaa tgcctctgaa aactttaag agcaagctat tgtagtgtc 1320
acccattat tatattacaa accattaag tcctaccaac gcattgagga tatggttctt 1380
ctattgcttc gtaatgtcag tgttgccatt cgtgataggt tcgtcagtaa attagttctt 1440
tccgccttag tatgcagtgc tgcattcaat gtgtatttat taaatgtgc tagaattcat 1500
accagttata ctgcagacca attggtgaag actgaagtca ccaagaagtc ttttactgct 1560
cctgtacaaa aggttctac accagtttta accaataaaa cagtcatttc tggatcgaaa 1620
gtcaaaagtt tatcatctgc gcaatcgagc tcatcaggac cttcatcatc tagtgaggaa 1680
gatgattccc gcgatattga aagcttgat aagaaaatac gtcctttaga agaattagaa 1740
gcattattaa gtagtggaag taaaaacaa ttgaagaaca aagaggtgc tgccttggtt 1800
attcacggta agttaccttt gtacgctttg gagaaaaaat taggtgatac tacgagagcg 1860
gttgcggtac gtaggaaggc tctttcaatt ttggcagaag ctctgtatt agcatctgat 1920
cgttaccat ataaaaatta tgactacgac cgcgtatttg gcgcttggtg tgaaaatggt 1980
ataggttaca tgcctttgcc cgttggtgtt ataggcccct tggttatcga tggtagatct 2040
tatcatatac caatggcaac tacagagggt tgtttggtag cttctgccat gcgtggctgt 2100
aaggcaatca atgctggcgg tgggtgaaca actgttttaa ctaaggatgg tatgacaaga 2160

ggcccagtag tccgtttccc aactttgaaa agatctgggtg cctgtaagat atggtagac 2220
tcagaagagg gacaaaacgc aattaaaaaa gcttttaact ctacatcaag atttgcacgt 2280
ctgcaacata ttcaaacttg tctagcagga gatttactct tcatgagatt tagaacaact 2340
actggtgacg caatgggtat gaatatgatt tctaagggtg tcgaatactc attaaagcaa 2400
atggtagaag agtatggctg ggaagatatg gaggttgtct cgtttctgg taactactgt 2460
accgacaaaa aaccagctgc catcaactgg atcgaaggtc gtggttaagag tgcgtcgcga 2520
gaagctacta ttcttggtga tgtgtcaga aaagtgttaa aaagtgatgt ttccgcattg 2580
gttgagttga acattgctaa gaatttggtt ggatctgcaa tggctgggtc tgttggtgga 2640
tttaacgcac gtgcagctaa tttagtgaca gctgttttct tggcattagg acaagatcct 2700
gcacaaaatg tcgaaagttc caactgtata acattgatga aagaagtgga cggtgatttg 2760
agaatttccg tatccatgcc atccatcgaa gtaggtacca tgggtgggtg tactgttcta 2820
gaaccacaag gtgcatggtt ggacttatta ggtgtaagag gccacatgc taccgctcct 2880
ggtaccaacg cacgtcaatt agcaagaata gttgcctgtg ccgtcttggc aggtgaatta 2940
tccttatgtg ctgccctagc agccggccat ttggttcaaa gtcatatgac ccacaacagg 3000
aaacctgctg aaccaacaaa acctaacaat ttggacgcca ctgatataaa tcgtttgaaa 3060

gatgggtccg tcacctgcat taaatcctaa

3090

<210> 15

<211> 2973

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 15

atgccgccgc tattcaaggg actgaaacag atggcaaagc caattgccta tgtttcaaga 60

ttttcggcga aacgaccaat tcatataata cttttttctc taatcatatc cgcattcgct 120

tatctatccg tcattcagta ttacttcaat ggttggcaac tagattcaaa tagtgTTTT 180

gaaactgctc caaataaaga cttcaacact ctatttcaag aatgttccca ttactacaga 240

gattcctctc tagatggttg ggtatcaatc accgcgcgatg aagctagtga gttaccagcc 300

ccacaccatt actatctatt aaacctgaac ttcaatagtc ctaatgaaac tgactccatt 360

ccagaactag ctaacacggt ttttgagaaa gataatacaa aatatattct gcaagaagat 420

ctcagcgttt ccaaagaaat ttcttctact gatggaacga aatggagggtt aagaagtgc 480

agaaaaagtc ttttcgacgt aaagacgtta gcatattctc tctacgatgt attttcagaa 540

aatgtaaccc aagcagaccc gtttgacgtc cttattatgg ttactgccta cctaagatg 600

ttctacacca tattcggcct cttcaatgac atgaggaaga ccgggtcaaa tttttggttg 660

agcgctcta cagtggtcaa ttctgcatca tcacttttct tagcattgta tgcacccaa 720
tgtattctag gcaaagaagt ttccgcatta actctttttg aaggtttgcc tticattgta 780
gttggtgtg gtttcaagca caaatcaag attgcccgat atgccctgga gaaatttgaa 840
agagtcgggt tatctaaaag gattactacc gatgaaatcg tttttgaatc cgtgagcgaa 900
gaggtgggtc gtttgattca agaccatttg ctttgtatct ttgcctttat cggatgctct 960
atgtatgctc accaattgaa gactttgaca aactttctgca tattatcagc atttatccta 1020
attttcgaat tgattttaac tccctacattt tattctgcta tcttagcgct tagactggaa 1080
atgaatgta tccacagatc tactattatc aagcaaacat tagaagaaga cgggtgtgtt 1140
ccatctacag caagaatcat ttctaaggca gaaaagaaat ccgtatcttc tttcttaaatt 1200
ctcagtgtgg ttgtcattat catgaaactc tctgtcatac tgttgttcgt cttcatcaac 1260
ttttataact ttggtgcaaa ttgggtcaat gatgccttca attcattgta cttcgataag 1320
gaacgtgttt ctctaccaga ttttattacc tcgaatgcct ctgaaaactt taaagagcaa 1380
cataccagtt atactgcaga ccaattgggtg aagactgaag tcaccaagaa gtcttttact 1440
gtcctgtac aaaaggcttc tacaccagtt ttaaccaata aaacagtcac ttctggatcg 1500
aaagtcaaaa gtttatcatc tgcgcaatcg agctcatcag gacccttcac atctagttag 1560

gaagatgatt cccgcgatat tgaaagcttg gataagaaaa tacgtccttt agaagaatta 1620
gaagcatcat taagtagtgg aaatacaaaa caattgaaga acaaagaggt cgctgccttg 1680
gttattcacg gtaagttacc ttgttacgct ttggagaaaa aattaggtga tactacgaga 1740
gcggttgcgg tacgtaggaa ggctctttca atttggcag aagctcctgt attagcatct 1800
gatcgtttac catataaaaa ttatgactac gaccgcgtat ttggcgcttg ttgtgaaaat 1860
gttataggtt acatgccttt gcccgttggt gttataggcc ccttggttat cgatggtaca 1920
tcttatcata taccaatggc aactacagag ggttgtttgg tagcttctgc catgcgtggc 1980
tgtaaggcaa tcaatgctgg cggtaggtgca acaactgttt taactaagga tggtatgaca 2040
agaggcccag tagtccgttt cccaactttg aaaagatctg gtgccgtgaa gatatggtta 2100
gactcagaag agggacaaaa cgcaattaaa aaagctttta actctacatc aagatttgca 2160
cgtctgcaac atattcaaac ttgtctagca ggagatttac tcttcatgag atttagaaca 2220
actactgggtg acgcaatggg tatgaatatg atttctaagg gtgtcgaata ctcattaaag 2280
caaatggtag aagagtatgg ctgggaagat atggaggttg tctccgtttc tggtaactac 2340
tgtaccgaca aaaaaccagc tgccatcaac tggatcgaag gtcgtggtaa gagtgcgtc 2400
gcagaagcta ctattcctgg tgatgttgtc agaaaagtgt taaaaagtga tgtttccgca 2460

ttggttgagt tgaacattgc taagaatttg gttagatctg caatggctgg gtctgttgg 2520
ggatttaacg cacgtgcagc taatttagtg acagctgttt tcttggcatt aggacaagat 2580
cctgcacaaa atgtcgaaag ttccaactgt ataacattga tgaaagaagt ggacggtgat 2640
ttgagaattt ccgtatccat gccatccatc gaagtaggta ccatcggtgg tggactgtt 2700
ctagaaccac aaggtagcat gttagactta ttaggtgtaa gaggccaca tgctaccgct 2760
cctggtacca acgcacgtca attagcaaga atagttgcct gtgccgtctt ggcaggtgaa 2820
ttatccttat gtgctgccct agcagccggc catttggttc aaagtcatat gaccacaac 2880
aggaaacctg ctgaaccaac aaaacctaac aatttgacg ccactgatat aaatcgtttg 2940
aaagatgggt ccgtcacctg cattaaatcc taa 2973

<210> 16

<211> 2457

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 16

atgccgccgc tattcaaggg actgaaacag atggcaaagc caattgccta tgtttcaaga 60

ttttcggcga aacgaccaat tcatataata cttttttctc taatcatatc cgcatcgt 120

tatctatccg tcattcagta ttacttcaat ggttggcaac tagattcaaa tagtgTTTT 180
gaaactgctc caaataaaga ctccaacact ctatttcaag aatgttccca ttactacaga 240
gattcctctc tagatggttg ggtatcaatc accgcgcgtg aagctagtga gttaccagcc 300
ccacaccatt actatctatt aaacctgaac ttcaatagtc ctaatgaaac tgactccatt 360
ccagaactag ctaacacggt ttttgagaaa gataatacaa aatatattct gcaagaagat 420
ctcagcgttt ccaaagaaat ttcttctact gatggaacga aatggaggtt aagaagtgc 480
agaaaaagtc ttttcgacgt aaagacgita gcatattctc tctacgatgt attttcagaa 540
aatgtaaccc aagcagacaa ctttggtgca aattgggtca atgatgcctt caattcattg 600
tacttcgata aggaacgtgt ttctctacca gatittatta cctcgaatgc ctctgaaaac 660
tttaaagagc aagctattgt tagtgtcacc ccattattat attacaaacc cattaagtcc 720
taccaacgca ttgaggatat ggttcttcta ttgcttcgta atgtcagtgt tgccattcgt 780
gataggttcg tcagtaaatt agttctttcc gccttagtat gcagtgcgtg catcaatgtg 840
tatttattaa atgctgctag aattcatacc agttatactg cagaccaatt ggtgaagact 900
gaagtcacca agaagtcttt tactgctcct gtacaaaagg cttctacacc agttttaacc 960
aataaaacag tcatttctgg atcgaaagtc aaaagtttat catctgcgca atcgagctca 1020

tcaggacctt catcatctag tgaggaagat gattcccgcg atattgaaag ctiggataag 1080
aaaatacgtc ctttagaaga attagaagca tcattaagta gtggaaatac aaaacaattg 1140
aagaacaaag aggtcgctgc ctgggttatt cacggtaagt tacctttgta cgctttggag 1200
aaaaaattag gtgatactac gagagcggtt gcggtacgta ggaaggctct ttcaattttg 1260
gcagaagctc ctgtattagc atctgatcgt ttaccatata aaaattatga ctacgaccgc 1320
gtatttggcg ctgtttgta aaatgttata ggttacatgc ctttgcccgt tgggtttata 1380
ggcccccttg ttatcgatgg tacatcttat catataccaa tggcaactac agagggttgt 1440
ttggtagctt ctgcatgcg tggctgtaag gcaatcaatg ctggcggctg tgcaacaact 1500
gttttaacta aggatggat gacaagaggc ccagtagtcc gtttcccaac ttgaaaaga 1560
tctggtcct gtaagatatg gtagactca gaagaggac aaaacgcaat taaaaagct 1620
tttaactcta catcaagatt tgcacgtctg caacatattc aaacttgtct agcaggagat 1680
ttactcttca tgagatttag aacaactact ggtgacgcaa tgggtatgaa tatgatttct 1740
aagggtgtcg aatactcatt aaagcaaatg gtagaagagt atggctggga agatatggag 1800
gttgtctccg tttctggtaa ctactgtacc gacaaaaaac cagctgcat caactggatc 1860
gaaggctgtg gtaagagtgt cgtcgagaa gctactattc ctggtgatgt tgtcagaaaa 1920

gtgttaaaaa gtgatgtttc cgcattgggt gagttgaaca ttgctaagaa tttggttgga 1980
tctgcaatgg ctgggtctgt tgggtgattt aacgcacgtg cagctaattt agtgacagct 2040
gttttcttgg cattaggaca agatcctgca caaatgtcg aaagttccaa ctgtataaca 2100
ttgatgaaag aagtgacgg tgatttgaga atttccgtat ccatgccatc catcgaagta 2160
ggtaccatcg gtgggtgtac tgttctagaa ccacaagggt ccatgttga cttattaggt 2220
gtaagaggcc cacatgtac cgctcctggt accaacgcac gtcaattagc aagaatagtt 2280
gcctgtgccg tcttggcagg tgaattatcc ttatgtgtcg ccctagcagc cggccatttg 2340
gttcaaagtc atatgacca caacaggaaa cctgtgaac caacaaaacc taacaatttg 2400
gacgccactg atataaatcg ttigaaagat ggggtccgtca cctgcattaa atcctaa 2457

<210> 17

<211> 2151

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 17

atgccgccgc tattcaaggg actgaaacag atggcaaagc caattgccta tgtttcaaga 60
ttttcggcga aacgaccaat tcatataata cttttttctc taatcatatc cgcattcgct 120
tatctatccg tcattcagta ttacttcaat ggttggcaac tagattcaaa tagtgttttt 180

gaaactgctc caaataaaga ctccaacact ctatttcaag aatgttccca ttactacaga 240
gattcctctc tagatgggtg ggtatcaatc accgcgcgatg aagctagtga gttaccagcc 300
ccacaccatt actatctatt aaacctgaac ttcaatagtc ctaatgaaac tgactccatt 360
ccagaactag ctaacacggt ttttgagaaa gataatacaa aatatattct gcaagaagat 420
ctcagcggtt ccaaagaaat ttcttctact gatggaacga aatggaggtt aagaagtgc 480
agaaaaagtc ttttcgacgt aaagacgtta gcatattctc tctacgatgt attttcagaa 540
aatgtaaccc aagcagacca taccagttat actgcagacc aattggtgaa gactgaagtc 600
accaagaagt cttttactgc tctgtacaa aaggcttcta caccagtttt aaccaataaa 660
acagtcattt ctggatcgaa agtcaaaagt ttatcatctg cgcaatcgag ctcatcagga 720
ccttcatcat ctagtgagga agatgattcc cgcgataatg aaagcttgga taagaaaata 780
cgtcctttag aagaattaga agcatcatta agtagtgaa atacaaaaca attgaagaac 840
aaagaggtcg ctgccttggg tattcacggt aagttacctt tgtacgcttt ggagaaaaaa 900
ttaggtgata ctacgagagc gggtgcggtc cgtaggaagg ctctttcaat tttggcagaa 960
gctcctgtat tagcatctga tcgtttacca tataaaaatt atgactacga ccgcgtatit 1020
ggcgccttgt gtgaaaatgt tataggttac atgcctttgc ccgttgggtg tataggcccc 1080

ttggttatcg atggtacatc ttatcatata ccaatggcaa ctacagaggg ttgtttggta 1140
gcttctgccca tgcgtggctg taaggcaatc aatgctggcg gtggtgcaac aactgtttta 1200
actaaggatg gtatgacaag aggcccagta gtccgtttcc caactttgaa aagatctggg 1260
gcctgtaaga tatggttaga ctcagaagag ggacaaaacg caattaaaaa agcttttaac 1320
tctacatcaa gatttgcacg tctgcaacat attcaaactt gtctagcagg agatttactc 1380
ttcatgagat ttagaacaac tactggtgac gcaatgggta tgaatatgat ttctaagggt 1440
gtcgaatact cattaaagca aatggtagaa gagtatggct gggaagatat ggaggttgct 1500
tccgtttctg gtaactactg taccgacaaa aaaccagctg ccatcaactg gatcgaaggt 1560
cgtggtaaga gtgtcgtcgc agaagctact attcctgggtg atgttgctcag aaaagtgtta 1620
aaaagtgatg tttccgcatt ggttgagttg aacattgcta agaatttggt tggatctgca 1680
atggctgggt ctgttgggtg atttaacgca cgtgcagcta atttagtgac agctgttttc 1740
ttggcattag gacaagatcc tgcacaaaat gtcgaaagtt ccaactgtat aacattgatg 1800
aaagaagtgg acggtgattt gagaatttcc gtatccatgc catccatcga agtaggtacc 1860
atcgggtgggt gtactgttct agaaccacaa ggtgccatgt tggacttatt aggtgtaaga 1920
ggcccacatg ctaccgctcc tggtagcaac gcacgtcaat tagcaagaat agttgcctgt 1980

gccgtcttgg caggatgaatt atccttatgt gctgccctag cagccggcca ttiggttcaa 2040

agtcatatga cccacaacag gaaacctgct gaaccaaaa aacctaaca ttggacgcc 2100

actgatataa atcgtttgaa agatgggtcc gtcacctgca ttaaataccta a 2151

<210> 18

<211> 1620

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 18

atgccgccgc tattcaaggg actgaaacat accagttata ctgcagacca attggtgaag 60

actgaagtca ccaagaagtc ttttactgct cctgtacaaa aggcttctac accagtttta 120

accaataaaa cagtcatttc tggatcgaaa gtcaaaagtt tatcatctgc gcaatcgagc 180

tcatcaggac ctccatcatc tagtgaggaa gatgattccc gcgatattga aagcttggat 240

aagaaaatac gtcctttaga agaattagaa gcatcattaa gtagtggaat taaaaaaa 300

ttgaagaaca aagaggctgc tgccttggtt attcacggtg agttaccttt gtacgctttg 360

gagaaaaaat taggtgatac tacgagagcg gttgcggtac gtaggaaggc tctttcaatt 420

ttggcagaag ctccctgtatt agcatctgat cgtttaccat ataaaaatta tgactacgac 480

cgcgtatttg gcgcttggtg tgaaaaatgt ataggttaca tgcctttgcc cggttggtgtt 540
ataggccctt tggttatcga tggtagatct tatcatatac caatggcaac tacagagggt 600
tggttggtag ctcttgccat gcgtggctgt aaggcaatca atgctggcgg tggtagaaca 660
actgttttaa ctaaggatgg tatgacaaga ggcccagtag tccgtttccc aactttgaaa 720
agatctggtg cctgtaagat atggttagac tcagaagagg gacaaaacgc aattaaaaaa 780
gcttttaact ctacatcaag atttgcacgt ctgcaacata ttcaaacttg tctagcagga 840
gatttactct tcatgagatt tagaacaact actggtgacg caatgggtat gaatatgatt 900
tctaagggtg tcgaatactc attaaagcaa atggtagaag agtatggctg ggaagatatg 960
gaggttgtct ccgtttctgg taactactgt accgacaaaa aaccagctgc catcaactgg 1020
atcgaaggtc gtggttaagag tgtcgtcgca gaagctacta ttccctggta tgttgcaga 1080
aaagtgttaa aaagtgatgt ttccgcattg gttgagttga acattgctaa gaatttggtt 1140
ggatctgcaa tggctgggtc tgttggtgga tttaacgcac gtgcagctaa tttagtaca 1200
gctgttttct tggcattagg acaagatcct gcacaaaatg tcgaaagttc caactgtata 1260
acattgatga aagaagtga cggtgatitg agaatttccg tatccatgcc atccatcgaa 1320
gtaggtacca tcggtggtgg tactgttcta gaaccacaag gtgcatgtt ggacttatta 1380

gggtgtaagag gccacatgc taccgtcct ggtaccaacg cacgtcaatt agcaagaata 1440

gttgccctgtg ccgtcttggc aggtgaatta tccttatgtg ctgccctagc agccggccat 1500

ttggttcaaa gtcatatgac ccacaacagg aaacctgctg aaccaacaaa acctaacaat 1560

ttggacgcca ctgatataaa tcgtttgaaa gatgggtccg tcacctgcat taaatcctaa 1620

<210> 19

<211> 1377

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 19

atgccgccgc tattcaaggg actgaaagca tcattaagta gtggaaatac aaaacaattg 60

aagaacaaag aggtcgtgc cttggttatt cacggtaagt tacctttgta cgctttggag 120

aaaaaattag gtgatactac gagagcgggt gcggtacgta ggaaggcctt ttcaattttg 180

gcagaagctc ctgtattagc atctgatcgt ttacatata aaaattatga ctacgaccgc 240

gtatttggcg cttgttgtga aaatgttata ggttacatgc ctttgcccggt tgggtttata 300

ggccccttgg ttatcgatgg tacatcttat catataccaa tggcaactac agagggttgt 360

ttggtagctt ctgccatgcg tggctgtaag gcaatcaatg ctggcgggtg tgcaacaact 420

gttttaacta aggatggtat gacaagaggc ccagtagtcc gtttcccaac ttgaaaaga 480

tctgggtgcct gtaagatatg gttagactca gaagaggac aaaacgcaat taaaaaagct 540
ttaaactcta catcaagatt tgcacgtctg caacatattc aaacttgtct agcaggagat 600
ttactcttca tgagatttag aacaactact ggtgacgcaa tgggtatgaa tatgatttct 660
aagggtgtcg aatactcatt aaagcaaatg gtagaagagt atggctggga agatatggag 720
gttgtctccg ttcttggtaa ctactgtacc gacaaaaaac cagctgccat caactggatc 780
gaaggctgtg gtaagagtgt cgtcgcagaa gctactattc ctggatgatgt tgtcagaaaa 840
gtgttaaaaa gtgatgtttc cgcattgggt gagttgaaca ttgctaagaa tttggttgga 900
tctgcaatgg ctgggtctgt tggtagattt aacgcacgtg cagctaattt agtgacagct 960
gttttcttgg cattaggaca agatcctgca caaatgtcg aaagtccaa ctgtataaca 1020
ttgatgaaag aagtggacgg tgatttgaga atttccgtat ccatgccatc catcgaagta 1080
ggtaccatcg gtgggtgtac tgitttagaa ccacaagggt ccatgttgga cttattaggt 1140
gtaagaggcc cacatgctac cgctcctggt accaacgcac gtcaattagc aagaatagtt 1200
gcctgtgccg tcttggcagg tgaattatcc ttatgtgctg ccctagcagc cggccatttg 1260
gttcaaagtc atatgacca caacaggaaa cctgctgaac caacaaaacc taacaatttg 1320
gacgccactg atataaatcg ttigaaagat gggtcctgca cctgcattaa atcctaa 1377

<210> 20

<211> 1302

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 20

atgccgccgc tattcaaggg actgaaacct ttgtacgcct tggagaaaaa attaggtgat 60

actacgagag cggttgcggt acgtaggaag gctctttcaa ttttggcaga agctcctgta 120

ttagcatctg atcgtttacc atataaaaat tatgactacg accgcgtatt tggcgcttgt 180

tgtgaaaatg ttataggtta catgcctttg cccgttgggt ttataggccc cttaggttatc 240

gatggtacat cttatcatat accaatggca actacagagg gttgttttgt agcttctgcc 300

atgcgtggct gtaaggcaat caatgctggc ggtggtgcaa caactgtttt aactaaggat 360

ggtatgacaa gaggcccagt agtccgtttc ccaactttga aaagatctgg tgcctgtaag 420

atatgggttag actcagaaga gggacaaaac gcaattaaaa aagcttttaa ctctacatca 480

agatttgcac gtctgcaaca tattcaaact tgtctagcag gagatttact cttcatgaga 540

tttagaacia ctactggtga cgcaatgggt atgaatatga tttctaaggg tgtcgaatac 600

tcattaaagc aaatggtaga agagtatggc tgggaagata tggaggttgt ctccgtttct 660

ggtaactact gtaccgacaa aaaaccagct gccatcaact ggatcgaagg tcgtggtaag 720
agtgtcgtcg cagaagctac tattcctggt gatgttgtca gaaaagtgtt aaaaagtgat 780
gtttccgcat tggttgagtt gaacattgct aagaatttgg ttggatctgc aatggctggg 840
tctgttgggtg gatttaacgc acgtgcagct aatttagtga cagctgtttt cttggcatta 900
ggacaagatc ctgcacaaaa tgtcgaaagt tccaactgta taacattgat gaaagaagtg 960
gacggtgatt tgagaatttc cgtatccatg ccatccatcg aagtaggtac catcggtggt 1020
ggtactgttc tagaaccaca aggtgccatg ttggacttat taggtgtaag aggcccacat 1080
gctaccgctc ctggtaccaa cgcacgtcaa ttagcaagaa tagttgcctg tgccgtcttg 1140
gcaggtgaat tatecttatg tgctgcceta gcagccggcc atttggttca aagtcatatg 1200
accacaaca gaaacctgc tgaaccaaca aaacctaaca atttggacgc cactgatata 1260
aatcgittga aagatgggtc cgtcacctgc attaaatect aa 1302

<210> 21

<211> 1203

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 21

atgccgccgc tattcaaggc actgaaatct gatcgtttac catataaaaa ttatgactac 60

gaccgcgtat ttggcgcttg ttgtgaaaat gttataggtt acatgccttt gcccgttggt 120
gttataggcc ccttggttat cgatggtaca tcttatcata taccaatggc aactacagag 180
ggttgttttg tagcttctgc catgcgtggc tgttaaggcaa tcaatgctgg cgggtggtgca 240
acaactgttt taactaagga tggatgaca agaggcccag tagtccgttt cccaactttg 300
aaaagatctg gtgcctgtaa gatatggta gactcagaag agggacaaaa cgcaattaa 360
aaagctttta actctacatc aagatttgca cgtctgcaac atattcaaac ttgtctagca 420
ggagatttac tcttcattgag atttagaaca actactgggtg acgcaatggg tatgaatatg 480
atttctaagg gtgtcgaata ctcatataag caaatggtag aagagtatgg ctgggaagat 540
atggaggttg tctccgtttc tggtaactac tgtaccgaca aaaaaccagc tgccatcaac 600
tggatcgaag gtcgtggtaa gagtgtcgtc gcagaagcta ctattcctgg tgatgttgtc 660
agaaaagtgt taaaaagtga tgtttccgca ttggttgagt tgaacattgc taagaatttg 720
gttggatctg caatggctgg gtctgttggg ggatttaacg cacgtgcagc taatttagtg 780
acagctgttt tcttggcatt aggacaagat cctgcacaaa atgtcgaaag ttccaactgt 840
ataacattga tgaagaagt ggacggtgat ttgagaattt ccgtatccat gccatccatc 900
gaagtaggta ccatcggtgg tggtagtgtt ctagaaccac aagggtgcat gttggactta 960

ttaggtgtaa gaggcccaca tgctaccgct cctggtacca acgcacgtca attagcaaga 1020

atagttgcct gtgccgtctt ggcaggtgaa ttatccttat gtgctgccct agcagccggc 1080

catttggttc aaagtcatat gaccacacaac aggaaacctg ctgaaccaac aaaacctaac 1140

aatttggacg ccactgatat aaatcgtttg aaagatgggt ccgtcacctg cattaaatcc 1200

taa 1203

<210> 22

<211> 975

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 22

atgccgccgc tattcaaggg actgaaaaag gatggtatga caagaggccc agtagtccgt 60

ttcccaactt tgaaaagatc tggcgcctgt aagatatggt tagactcaga agagggacaa 120

aacgcaatta aaaaagcttt taactctaca tcaagatttg cacgtctgca acatattcaa 180

acttgtctag caggagattt actcttcatg agatttagaa caactactgg tgacgcaatg 240

ggatgaata tgatttctaa ggggtgtcgaa tactcattaa agcaaatggt agaagagtat 300

ggctgggaag atatggaggt tgtctccgtt tctggtaact actgtaccga caaaaaacca 360

gctgccatca actggatcga aggtcgtggt aagagtgtcg tcgcagaagc tactattcct 420
ggtgatgttg tcagaaaagt gttaaaaagt gatgtttccg cattgggtga gttgaacatt 480
gctaagaatt tggttggatc tgcaatggct gggctcgttg gtggatttaa cgcacgtgca 540
gctaatttag tgacagctgt tttcttggca ttaggacaag atcctgcaca aaatgtcgaa 600
agttccaact gtataacatt gatgaaagaa gtggacggtg atttgagaat ttccgtatcc 660
atgccatcca tcgaagtagg taccatcggg ggtggtactg ttctagaacc acaagggtgcc 720
atgttggact tattaggtgt aagaggccca catgctaccg ctcttggtac caacgcacgt 780
caattagcaa gaatagtgc ctgtgccgtc ttggcaggtg aattatcctt atgtgctgcc 840
ctagcagccg gccatttggg tcaaagtcac atgacccaca acaggaaacc tgctgaacca 900
acaaaaccta acaatttggg cgccactgat ataaatcggt tgaaagatgg gtccgtcacc 960
tgcattaaat cctaa 975

<210> 23

<211> 992

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 23

ggatcctcta gctccctaac atgtaggtgg cggaggggag atatacaata gaacagatac 60

cagacaagac ataatgggct aaacaagact acaccaatta cactgcctca ttgatgggtg 120
tacataacga actaatactg tagccctaga ctigatagcc atcatcatat cgaagtttca 180
ctaccctttt tccatttgcc atctattgaa gtaataatag gcgcatgcaa ctctctttct 240
ttttttttct tttctctctc ccccgttgtt gtctcaccat atccgcaatg acaaaaaaat 300
gatggaagac actaaaggaa aaaattaacg acaaagacag caccaacaga tgtcgttggt 360
ccagagctga tgaggggtat ctggaagcac acgaaacttt ttctttcctt cattcacgca 420
cactactctc taatgagcaa cggtatacgg ccttccttcc agttacttga atttgaaata 480
aaaaaagttt gctgtcttgc tatcaagtat aaatagacct gcaattatta atcttttggt 540
tcctcgctcat tgttctcggt cctttcttc ctgttttctt tttctgcaca atatttcaag 600
ctataccaag catacaatca actggtaccc gggtcgactc gagctctaga ggttaactaa 660
gcgaatttct tatgatttat gatttttatt attaaataag ttataaaaaa aataagtgt 720
tacaaatttt aaagtgactc ttaggtttta aaacgaaaat tcttattctt gagtaactct 780
ttcctgtagg tcaggttgct ttctcaggta tagcatgagg tcgctcttat tgaccacatc 840
tctaccggca tgccgagcaa atgcctgcaa atcgctcccc atttcacca attgtagata 900
tgctaactcc agcaatgagt tgatgaatct cgggtgtgtat tttatgtcct cagaggacaa 960

cacctgttgt aatcggttctt ccacacggat cc

992

<210> 24

<211> 4

<212> PRT

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic peptide

<400> 24

His Asp Glu Leu

1

<210> 25

<211> 894

<212> DNA

<213> Bacillus stearothermophilus

<400> 25

gtggcgcagc ttccagttag acagtttctc aacgagcaaa aacaggcggg ggaaacagcg 60

ctctcccgtt atatagagcg cttagaaggg ccggcgaagc tgaaaaaggc gatggcgtag 120

tcattggagg ccggcggcaa acgaatccgt ccgttgctgc ttctgtccac cgttcgggcg 180

ctcggcaaaag acccggcggg cggattgccc gtcgcctgcg cgattgaaat gatccatacg 240

tactctttga tccatgatga tttgccgagc atggacaacg atgatttgcg gcgcggcaag 300
ccgacgaacc ataaagtgtt cggcgaggcg atggccatct tggcggggga cgggttggtg 360
acgtacgcgt ttcaattgat caccgaaatc gacgatgagc gcatccctcc ttccgtccgg 420
cttcggctca tcgaacggct ggcgaaagcg gccggtccgg aagggatggt cgccggtcag 480
gcagccgata tggaaggaga ggggaaaacg ctgacgcttt cggagctcga atacattcat 540
cggcataaaa ccgggaaaat gctgcaatac agcgtgcacg ccggcgcctt gatcggcggc 600
gctgatgcc ggcaaacgcg ggagcttgac gaattcgccg cccatctagg ccttgccttt 660
caaattcgcg atgatattct cgatattgaa ggggcagaag aaaaaatcgg caagccggtc 720
ggcagcgacc aaagcaacaa caaagcgacg tatccagcgt tgctgtcgct tgccggcgcg 780
aaggaaaagt tggcgttcca tatcgaggcg gcgcagcgcc atttacggaa cgccgacgtt 840
gacggcgccg cgctcgcta tatttgcaa ctggtcgccg cccgcgacca ttaa 894

<210> 26

<211> 1197

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 26

atgtctcaga acgtttacat tgtatcgact gccagaaccc caattggttc attccagggt 60
tctctatcct ccaagacagc agtgggaattg ggtgctgttg ctttaaaagg cgccttggct 120
aaggttccag aattggatgc atccaaggat ttigacgaaa ttattttttg taacgttctt 180
tctgccaatt tgggccaagc tccggccaga caagttgctt tggctgccgg tttagtaat 240
catatcgttg caagcacagt taacaaggtc tgtgcatccg ctatgaaggc aatcattttg 300
ggtgctcaat ccatcaaagc tggtaatgct gatgttgctg tagctgggtg ttgtgaatct 360
atgactaacg caccatacta catgccagca gcccgctcgg gtgccaatt tggccaaact 420
gttcttggtg atggtgtcga aagagatggg ttgaacgatg cgtacgatgg tctagccatg 480
ggtgtacacg cagaaaagtg tgcccgtgat tgggatatta ctagagaaca acaagacaat 540
tttgccatcg aatcctacca aaaatctcaa aaatctcaaa aggaaggtaa attcgacaat 600
gaaattgtac ctgttaccat taagggatit agaggtaagc ctgatactca agtcacgaag 660
gacgaggaac ctgctagatt acacgttgaa aaattgagat ctgcaaggac tgttttccaa 720
aaagaaaacg gtactgttac tgccgctaac gcttctccaa tcaacgatgg tgctgcagcc 780
gtcatcttgg ttccgaaaa agttttgaag gaaaagaatt tgaagccttt ggctattatc 840
aaaggttggg gtgaggccgc tcatcaacca gctgatttta catgggctcc atctcttgca 900

gttccaaagg ctttgaaaca tgcctggcatc gaagacatca attctgttga ttactttgaa 960
ttcaatgaag ccttttcggt tgcctggttg gtgaacacta agattttgaa gctagacca 1020
tctaaggtta atgtatatgg tggctgctgtt gctctaggtc acccattggg ttgttctggt 1080
gctagagtgg ttgttacact gctatccatc ttacagcaag aaggaggtaa gatcgggtgtt 1140
gccgccattt gtaatggtgg tggctggctgt tctctattg tcattgaaaa gatatga 1197

<210> 27

<211> 1476

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 27

atgaaactct caactaaact ttgttggtgt ggtattaaag gaagacttag gccgcaaaag 60
caacaacaat tacacaatac aaacttgcaa atgactgaac taaaaaaca aaagaccgct 120
gaacaaaaaa ccagacctca aaatgtcgggt attaaaggta tccaaattta catcccaact 180
caatgtgtca accaatctga gctagagaaa ttgatggcg tttctcaagg taaatacaca 240
attggctctgg gccaaaccaa catgtctttt gtcaatgaca gagaagatat ctactcgatg 300
tcctaactg ttttgtctaa gttgatcaag agttacaaca tcgacaccaa caaaattggt 360
agattagaag tcggtactga aactctgatt gacaagtcca agtctgtcaa gtctgtcttg 420

atgcaattgt ttggtgaaaa cactgacgtc gaaggattg acacgcttaa tgccgtttac 480
gggtgtacca acgcgttgtt caactctttg aactggattg aatctaacgc atgggatgg 540
agagacgcca ttgtagtttg cggtagatatt gccatctacg ataagggtgc cgcaagacca 600
accggtgggtg ccggtactgt tgctatgtgg atcggtcctg atgctccaat tgtatttgac 660
tctgtaagag cttcttacat ggaacacgcc tacgattttt acaagccaga tttcaccagc 720
gaatatacctt acgtcgatgg tcatttttca ttaacttggt acgtcaaggc tcttgatcaa 780
gtttacaaga gttattccaa gaaggctatt tctaaagggt tggtagcga tcccgtgg 840
tcggatgctt tgaacgtttt gaaatatctt gactacaacg ttttccatgt tccaacctgt 900
aaattgggtca caaaatcata cggtagatta ctatataacg atttcagagc caatcctcaa 960
ttgttcccag aagttgacgc cgaattagct actcgcgatt atgacgaatc ttttaaccgat 1020
aagaacattg aaaaaacttt tgttaatggt gctaagccat tccacaaaga gagagttgcc 1080
caatctttga ttgttccaac aaacacaggt aacatgtaca ccgcatctgt ttatgccgcc 1140
tttgcatact tattaacta tgttggatct gacgacttac aaggcaagcg tgttggttta 1200
ttttcttacg gticcggttt agctgcatct ctatattctt gcaaaattgt tggtagcgtc 1260
caacatatta tcaaggaatt agatattact aacaaattag ccaagagaat caccgaaact 1320

ccaaaggatt acgaagctgc catcgaattg agagaaaatg cccatttgaa gaagaacttc 1380

aaacctcaag gtccattga gcatttgcaa agtggigtgtt actacttgac caacatcgat 1440

gacaaattta gaagatctta cgatgttaaa aaataa 1476

<210> 28

<211> 1332

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 28

atgtcattac cgttcttaac ttctgcaccg ggaaagggtta ttatttttgg tgaacactct 60

gctgtgtaca acaagcctgc cgtcgtgtgt agtgtgtctg cggtgagaac ctacctgcta 120

ataagcgagt catctgcacc agatactatt gaattggact tcccgacat tagctttaat 180

cataagtggc ccatcaatga ttccaatgcc atcaccgagg atcaagtaaa ctcccaaaaa 240

ttggccaagg ctcaacaagc caccgatggc ttgtctcagg aactcgttag tcttttgat 300

ccgttgttag ctcaactatc cgaatccttc cactaccatg cagcgttttg tttcctgtat 360

atgtttgttt gcctatgcc ccatgccaag aataattaagt tttctttaaa gtctacttta 420

cccatcgggtg ctgggttggg ctcaagcgcc tctatttctg tatcactggc cttagctatg 480

gcctacttgg gggggttaat aggatctaata gacttggaaa agctgtcaga aaacgataag 540
cataatagtg atcaatgggc cttcataggt gaaaagtgt ttcacgggtac cccttcagga 600
atagataacg ctgtggccac ttatggtaat gccctgctat ttgaaaaaga ctcacataat 660
ggaacaataa acacaaaca ttttaagtgc ttagatgatt tcccagccat tccaatgac 720
ctaacctata ctagaattcc aaggcttaca aaagatcttg ttgctcgcgt tcgtgtgttg 780
gtcaccgaga aatttcctga agttatgaag ccaattctag atgcatggg tgaatgtgcc 840
ctacaaggct tagagatcat gactaagtta agtaaatgt aaggcaccga tgacgaggct 900
gtagaaacta ataatgaact gtatgaaca ctattggaat tgataagaat aaatcatgga 960
ctgcttgtct caatcgggtg ttctcatcct ggattagaac ttattaaaaa tctgagcgat 1020
gatttgagaa ttggctccac aaaacttacc ggtgctgggt gcggcggttg ctctttgact 1080
ttgttacgaa gagacattac tcaagagcaa attgacagct tcaaaaagaa attgcaagat 1140
gattttagtt acgagacatt tgaaacagac ttgggtggga ctggctgctg ttgtttaagc 1200
gcaaaaaatt tgaataaaga tcttaaaatc aaatccctag tattccaatt atttgaaaat 1260
aaaactacca caagcaaca aattgacgat ctattattgc caggaaacac gaatttacca 1320
tggaattcat aa 1332

<210> 29

<211> 1356

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 29

atgtcagagt tgagagcctt cagtgcacca gggaaagcgt tactagctgg tggatattta 60

gttttagata caaaatatga agcatttgta gtcggattat cggcaagaat gcatgctgta 120

gcccatcctt acggttcatt gcaagggctc gataagtttg aagtgcgtgt gaaaagtaaa 180

caatttaaag atggggagtg gctgtacat ataagtccta aaagtggctt caticctgtt 240

tcgataggcg gatctaagaa ccttttcatt gaaaaagtta tcgctaacgt atttagctac 300

tttaaacctt acatggacga ctactgcaat agaaacttgt tcgttattga tattttctct 360

gatgatgcct accattctca ggaggatagc gttaccgaac atcgtggcaa cagaagattg 420

agttttcatt cgcacagaat tgaagaagtt cccaaaacag ggcggggctc ctcggcaggt 480

ttagtcacag tttaaactac agctttggcc tccttttttg tatcggacct ggaaaataat 540

gtagacaaat atagagaagt taticcataat ttagcacaag ttgctcattg tcaagctcag 600

ggtaaaattg gaagcgggtt tgatgtagcg gcggcagcat atggatctat cagatataga 660

agattccac cgcattaat ctctaatttg ccagatatg gaagtgtac ttacggcagt 720

aaactggcgc atttggttga tgaagaagac tggaatatta cgattaaaag taaccattta 780
ccttcgggat taactttatg gatgggcgat attaagaatg gttcagaaac agtaaaactg 840
gtccagaagg taaaaaattg gtatgattcg cataigccag aaagcttgaa aatatataca 900
gaactcgatc atgcaaattc tagatttatg gatggactat ctaaactaga tcgcttacac 960
gagactcatg acgattacag cgatcagata tttgagtctc ttgagaggaa tgactgtacc 1020
tgtcaaaagt atcctgaaat cacagaagtt agagatgcag ttgccacaat tagacgttcc 1080
tttagaaaaa taactaaaga atctgggtgcc gatatcgaac ctcccgtaca aactagctta 1140
ttggatgatt gccagacctt aaaaggagtt cttacttgct taatacctgg tgctgggtgg 1200
tatgacgcca ttgcagtgat tactaagcaa gatgttgatc ttagggctca aaccgcta 1260
gacaaaagat tttctaaggt tcaatggctg gatgtaactc aggctgactg ggggtgttagg 1320
aaagaaaaag atccggaaac ttatcttgat aaataa 1356

<210> 30

<211> 1191

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 30

atgaccgttt acacagcatc cgttaccgca cccgtcaaca tgcgaaccct taagtattgg 60
gggaaaaggg acacgaagtt gaatctgccc accaattcgt ccataatcagt gactttatcg 120
caagatgacc tcagaacgtt gacctctgcg gctactgcac ctgagtttga acgcgacact 180
ttgtggttaa atggagaacc acacagcatc gacaatgaaa gaactcaaaa ttgtctgcgc 240
gacctacgcc aattaagaaa ggaaatggaa tcgaaggacg cctcattgcc cacattatct 300
caatggaaac tccacattgt ctccgaaaat aactttccta cagcagctgg tttagcttcc 360
tccgctgctg gctttgctgc attggtctct gcaattgcta agttatacca attaccacag 420
tcaacttcag aaatatctag aatagcaaga aaggggtctg gttcagcttg tagatcgttg 480
tttggcggat acgtggcctg ggaaatggga aaagctgaag atggatcatga ttccatggca 540
gtacaaatcg cagacagctc tgactggcct cagatgaaag cttgtgtcct agttgtcagc 600
gatattaaaa aggatgtgag ttccactcag ggtatgcaat tgaccgtggc aacctccgaa 660
ctattttaag aaagaattga acatgtcgta ccaaagagat ttgaagtcac gcgtaaagcc 720
attgttgaaa aagatttcgc caccittgca aaggaaacaa tgatggattc caactctttc 780
catgccacat gtttggactc tttccctcca atattctaca tgaatgacac ttccaagcgt 840
atcatcagtt ggtgccacac cattaatcag ttttacggag aaacaatcgt tgcatacacg 900

tttgatgcag gtccaaatgc tgtgtgttac tacttagctg aaaatgagtc gaaactcttt 960
gcatttatct ataaattggt tggctctggt cctggatggg acaagaaatt tactactgag 1020
cagcttgagg ctttcaacca tcaatttgaa tcatctaact ttactgcacg tgaattggat 1080
cttgagttgc aaaaggatgt tgccagagtg attttaactc aagtcggttc aggcccacaa 1140
gaaacaaacg aatctttgat tgacgcaaag actggtctac caaaggaata a 1191

<210> 31

<211> 867

<212> DNA

<213> *Saccharomyces cerevisiae*

<400> 31

atgactgccg acaacaatag tatgccccat ggtgcagtat ctagttacgc caaattagt 60
caaaacaaaa cacctgaaga cattttgaa gagtttcctg aaattattcc attacaacaa 120
agacctataa cccgatctag tgagacgtca aatgacgaaa gcggagaaac atgtttttct 180
ggtcatgatg aggagcaaat taagttaatg aatgaaaatt gtattgtttt ggattgggac 240
gataatgcta ttggtgccgg taccaagaaa gtttgtcatt taatggaaaa tattgaaaag 300
ggtttactac atcgtgcatt ctccgtcttt attttcaatg aacaaggatg attactttta 360
caacaaagag ccactgaaaa aataactttc cctgatcttt ggactaacac atgctgctct 420

catccactat gtattgatga cgaattaggt ttgaagggt agctagacga taagattaag 480
ggcgctatta ctgcggcggg gagaaaacta gatcatgaat taggtattcc agaagatgaa 540
actaagacaa ggggtaagtt tcacttttta aacagaatcc attacatggc accaagcaat 600
gaaccatggg gtgaacatga aatigattac atcctatttt ataagatcaa cgctaaagaa 660
aacttgactg tcaacccaaa cgtcaatgaa gttagagact tcaaattgggt ttcaccaaatt 720
gatttgaaaa ctatgtttgc tgacccaagt tacaagtta cgccttggtt taagattatt 780
tgcgagaatt acttattcaa ctggtgggag caattagatg acctttctga agtggaaaat 840
gacaggcaaa ttcatagaat gctataa 867

<210> 32

<211> 549

<212> DNA

<213> Escherichia coli

<400> 32

atgcaaacgg aacacgtcat ttattgaat gcacaggag ttcccacggg tacgctggaa 60
aagtatgccg cacacacggc agacaccgc ttacatctcg cgttctccag ttggctgttt 120
aatgccaaag gacaattatt agttaccgc cgcgcactga gcaaaaaagc atggcctggc 180

gtgtggacta actcggtttg tgggcaccca caactgggag aaagcaacga agacgcagtg 240
 atccgccggt gccgttatga gcttggcgtg gaaattacgc ctcctgaatc tatctatcct 300
 gactttcgct accgcgccac cgatccgagt ggcatgttg aaaatgaagt gtgtccggtg 360
 ttgccgcac gcaccactag tgcgttacag atcaatgatg atgaagtgat ggattatcaa 420
 tgggtgtgatt tagcagatgt attacacggt atlgatgcca cgccgtgggc gttcagtcgg 480
 tggatggtga tgcaggcgac aaatcgcgaa gccagaaaac gattatctgc atttaccag 540
 cttaaataa 549

<210> 33

<211> 900

<212> DNA

<213> Escherichia coli

<220>

<221> CDS

<222> (1).. (897)

<400> 33

atg gac ttt ccg cag caa ctc gaa gcc tgc gtt aag cag gcc aac cag 48
 Met Asp Phe Pro Gln Gln Leu Glu Ala Cys Val Lys Gln Ala Asn Gln
 1 5 10 15

gcg ctg agc cgt ttt atc gcc cca ctg ccc ttt cag aac act ccc gtg 96

Ala Leu Ser Arg Phe Ile Ala Pro Leu Pro Phe Gln Asn Thr Pro Val

20

25

30

gtc gaa acc atg cag tat ggc gca tta tta ggt ggt aag cgc ctg cga 144

Val Glu Thr Met Gln Tyr Gly Ala Leu Leu Gly Gly Lys Arg Leu Arg

35

40

45

cct ttc ctg gtt tat gcc acc ggt cat atg ttc ggc gtt agc aca aac 192

Pro Phe Leu Val Tyr Ala Thr Gly His Met Phe Gly Val Ser Thr Asn

50

55

60

acg ctg gac gca ccc gct gcc gcc gtt gaa tgc atc cac gct gac tca 240

Thr Leu Asp Ala Pro Ala Ala Ala Val Glu Cys Ile His Ala Asp Ser

65

70

75

80

tta att cat gat gat tta ccg gca atg gat gat gac gat ctg cgt cgc 288

Leu Ile His Asp Asp Leu Pro Ala Met Asp Asp Asp Asp Leu Arg Arg

85

90

95

ggt ttg cca acc tgc cat gtg aag ttt ggc gaa gca aac gcg att ctc 336

Gly Leu Pro Thr Cys His Val Lys Phe Gly Glu Ala Asn Ala Ile Leu

100

105

110

gct ggc gac gct tta caa acg ctg gcg ttc tcg att tta agc gat gcc 384

Ala Gly Asp Ala Leu Gln Thr Leu Ala Phe Ser Ile Leu Ser Asp Ala

115

120

125

gat atg ccg gaa gtg tcg gac cgc gac aga att tcg atg att tct gaa 432

Asp Met Pro Glu Val Ser Asp Arg Asp Arg Ile Ser Met Ile Ser Glu

130

135

140

ctg gcg agc gcc agt ggt att gcc gga atg tgc ggt ggt cag gca tta 480
 Leu Ala Ser Ala Ser Gly Ile Ala Gly Met Cys Gly Gly Gln Ala Leu
 145 150 155 160

gat tta gac gcg gaa ggc aaa cac gta cct ctg gac gcg ctt gag cgt 528
 Asp Leu Asp Ala Glu Gly Lys His Val Pro Leu Asp Ala Leu Glu Arg
 165 170 175

att cat cgt cat aaa acc ggc gca ttg att cgc gcc gcc gtt cgc ctt 576
 Ile His Arg His Lys Thr Gly Ala Leu Ile Arg Ala Ala Val Arg Leu
 180 185 190

ggt gca tta agc gcc gga gat aaa gga cgt cgt gct ctg ccg gta ctc 624
 Gly Ala Leu Ser Ala Gly Asp Lys Gly Arg Arg Ala Leu Pro Val Leu
 195 200 205

gac aag tat gca gag agc atc ggc ctt gcc ttc cag gtt cag gat gac 672
 Asp Lys Tyr Ala Glu Ser Ile Gly Leu Ala Phe Gln Val Gln Asp Asp
 210 215 220

atc ctg gat gtg gtg gga gat act gca acg ttg gga aaa cgc cag ggt 720
 Ile Leu Asp Val Val Gly Asp Thr Ala Thr Leu Gly Lys Arg Gln Gly
 225 230 235 240

gcc gac cag caa ctt ggt aaa agt acc tac cct gca ctt ctg ggt ctt 768
 Ala Asp Gln Gln Leu Gly Lys Ser Thr Tyr Pro Ala Leu Leu Gly Leu
 245 250 255

gag caa gcc cgg aag aaa gcc cgg gat ctg atc gac gat gcc cgt cag 816

Glu Gln Ala Arg Lys Lys Ala Arg Asp Leu Ile Asp Asp Ala Arg Gln

260

265

270

tcg ctg aaa caa ctg gct gaa cag tca ctc gat acc tcg gca ctg gaa 864

Ser Leu Lys Gln Leu Ala Glu Gln Ser Leu Asp Thr Ser Ala Leu Glu

275

280

285

gcg cta gcg gac tac atc atc cag cgt aat aaa taa

900

Ala Leu Ala Asp Tyr Ile Ile Gln Arg Asn Lys

290

295

<210> 34

<211> 299

<212> PRT

<213> Escherichia coli

<400> 34

Met Asp Phe Pro Gln Gln Leu Glu Ala Cys Val Lys Gln Ala Asn Gln

1

5

10

15

Ala Leu Ser Arg Phe Ile Ala Pro Leu Pro Phe Gln Asn Thr Pro Val

20

25

30

Val Glu Thr Met Gln Tyr Gly Ala Leu Leu Gly Gly Lys Arg Leu Arg

35

40

45

Pro Phe Leu Val Tyr Ala Thr Gly His Met Phe Gly Val Ser Thr Asn

50

55

60

Thr Leu Asp Ala Pro Ala Ala Val Glu Cys Ile His Ala Asp Ser
65 70 75 80

Leu Ile His Asp Asp Leu Pro Ala Met Asp Asp Asp Asp Leu Arg Arg
85 90 95

Gly Leu Pro Thr Cys His Val Lys Phe Gly Glu Ala Asn Ala Ile Leu
100 105 110

Ala Gly Asp Ala Leu Gln Thr Leu Ala Phe Ser Ile Leu Ser Asp Ala
115 120 125

Asp Met Pro Glu Val Ser Asp Arg Asp Arg Ile Ser Met Ile Ser Glu
130 135 140

Leu Ala Ser Ala Ser Gly Ile Ala Gly Met Cys Gly Gly Gln Ala Leu
145 150 155 160

Asp Leu Asp Ala Glu Gly Lys His Val Pro Leu Asp Ala Leu Glu Arg
165 170 175

Ile His Arg His Lys Thr Gly Ala Leu Ile Arg Ala Ala Val Arg Leu
180 185 190

Gly Ala Leu Ser Ala Gly Asp Lys Gly Arg Arg Ala Leu Pro Val Leu
195 200 205

Asp Lys Tyr Ala Glu Ser Ile Gly Leu Ala Phe Gln Val Gln Asp Asp
210 215 220

Ile Leu Asp Val Val Gly Asp Thr Ala Thr Leu Gly Lys Arg Gln Gly
225 230 235 240

Ala Asp Gln Gln Leu Gly Lys Ser Thr Tyr Pro Ala Leu Leu Gly Leu
245 250 255

Glu Gln Ala Arg Lys Lys Ala Arg Asp Leu Ile Asp Asp Ala Arg Gln
260 265 270

Ser Leu Lys Gln Leu Ala Glu Gln Ser Leu Asp Thr Ser Ala Leu Glu
275 280 285

Ala Leu Ala Asp Tyr Ile Ile Gln Arg Asn Lys
290 295

<210> 35

<211> 900

<212> DNA

<213> Escherichia coli

<220>

<221> CDS

<222> (1).. (897)

<400> 35

atg gac ttt ccg cag caa ctc gaa gcc tgc gtt aag cag gcc aac cag 48
Met Asp Phe Pro Gln Gln Leu Glu Ala Cys Val Lys Gln Ala Asn Gln
1 5 10 15

| | |
|---|-----|
| gcg ctg agc cgt ttt atc gcc cca ctg ccc ttt cag aac act ccc gtg | 96 |
| Ala Leu Ser Arg Phe Ile Ala Pro Leu Pro Phe Gln Asn Thr Pro Val | |
| 20 25 30 | |
| | |
| gtc gaa acc atg cag tat ggc gca tta tta ggt ggt aag cgc ctg cga | 144 |
| Val Glu Thr Met Gln Tyr Gly Ala Leu Leu Gly Gly Lys Arg Leu Arg | |
| 35 40 45 | |
| | |
| cct ttc ctg gtt tat gcc acc ggt cat atg ttc ggc gtt agc aca aac | 192 |
| Pro Phe Leu Val Tyr Ala Thr Gly His Met Phe Gly Val Ser Thr Asn | |
| 50 55 60 | |
| | |
| acg ctg gac gca ccc gct gcc gcc gtt gaa tgc atc cac gct gaa tca | 240 |
| Thr Leu Asp Ala Pro Ala Ala Ala Val Glu Cys Ile His Ala Glu Ser | |
| 65 70 75 80 | |
| | |
| tta att cat gat gat tta ccg gca atg gat gat gac gat ctg cgt cgc | 288 |
| Leu Ile His Asp Asp Leu Pro Ala Met Asp Asp Asp Asp Leu Arg Arg | |
| 85 90 95 | |
| | |
| ggt ttg cca acc tgc cat gtg aag ttt ggc gaa gca aac gcg att ctc | 336 |
| Gly Leu Pro Thr Cys His Val Lys Phe Gly Glu Ala Asn Ala Ile Leu | |
| 100 105 110 | |
| | |
| gct ggc gac gct tta caa acg ctg gcg ttc tcg att tta agc gat gcc | 384 |
| Ala Gly Asp Ala Leu Gln Thr Leu Ala Phe Ser Ile Leu Ser Asp Ala | |
| 115 120 125 | |
| | |
| gat atg ccg gaa gtg tcg gac cgc gac aga att tcg atg att tct gaa | 432 |
| Asp Met Pro Glu Val Ser Asp Arg Asp Arg Ile Ser Met Ile Ser Glu | |

| | | | |
|---|-----|-----|-----|
| 130 | 135 | 140 | |
| ctg gcg agc gcc agt ggt att gcc gga atg tgc ggt ggt cag gca tta | | | 480 |
| Leu Ala Ser Ala Ser Gly Ile Ala Gly Met Cys Gly Gly Gln Ala Leu | | | |
| 145 | 150 | 155 | 160 |
| gat tta gac gcg gaa ggc aaa cac gta cct ctg gac gcg ctt gag cgt | | | 528 |
| Asp Leu Asp Ala Glu Gly Lys His Val Pro Leu Asp Ala Leu Glu Arg | | | |
| 165 | 170 | 175 | |
| att cat cgt cat aaa acc ggc gca ttg att cgc gcc gcc gtt cgc ctt | | | 576 |
| Ile His Arg His Lys Thr Gly Ala Leu Ile Arg Ala Ala Val Arg Leu | | | |
| 180 | 185 | 190 | |
| ggt gca tta agc gcc gga gat aaa gga cgt cgt gct ctg ccg gta ctc | | | 624 |
| Gly Ala Leu Ser Ala Gly Asp Lys Gly Arg Arg Ala Leu Pro Val Leu | | | |
| 195 | 200 | 205 | |
| gac aag tat gca gag agc atc ggc ctt gcc ttc cag gtt cag gat gac | | | 672 |
| Asp Lys Tyr Ala Glu Ser Ile Gly Leu Ala Phe Gln Val Gln Asp Asp | | | |
| 210 | 215 | 220 | |
| atc ctg gat gtg gtg gga gat act gca acg ttg gga aaa cgc cag ggt | | | 720 |
| Ile Leu Asp Val Val Gly Asp Thr Ala Thr Leu Gly Lys Arg Gln Gly | | | |
| 225 | 230 | 235 | 240 |
| gcc gac cag caa ctt ggt aaa agt acc tac cct gca ctt ctg ggt ctt | | | 768 |
| Ala Asp Gln Gln Leu Gly Lys Ser Thr Tyr Pro Ala Leu Leu Gly Leu | | | |
| 245 | 250 | 255 | |

gag caa gcc cgg aag aaa gcc cgg gat ctg atc gac gat gcc cgt cag 816
Glu Gln Ala Arg Lys Lys Ala Arg Asp Leu Ile Asp Asp Ala Arg Gln
260 265 270

tcg ctg aaa caa ctg gct gaa cag tca ctc gat acc tcg gca ctg gaa 864
Ser Leu Lys Gln Leu Ala Glu Gln Ser Leu Asp Thr Ser Ala Leu Glu
275 280 285

gcg cta gcg gac tac atc atc cag cgt aat aaa taa 900
Ala Leu Ala Asp Tyr Ile Ile Gln Arg Asn Lys
290 295

<210> 36

<211> 299

<212> PRT

<213> Escherichia coli

<400> 36

Met Asp Phe Pro Gln Gln Leu Glu Ala Cys Val Lys Gln Ala Asn Gln
1 5 10 15

Ala Leu Ser Arg Phe Ile Ala Pro Leu Pro Phe Gln Asn Thr Pro Val
20 25 30

Val Glu Thr Met Gln Tyr Gly Ala Leu Leu Gly Gly Lys Arg Leu Arg
35 40 45

Pro Phe Leu Val Tyr Ala Thr Gly His Met Phe Gly Val Ser Thr Asn
50 55 60

Thr Leu Asp Ala Pro Ala Ala Ala Val Glu Cys Ile His Ala Glu Ser
65 70 75 80

Leu Ile His Asp Asp Leu Pro Ala Met Asp Asp Asp Asp Leu Arg Arg
85 90 95

Gly Leu Pro Thr Cys His Val Lys Phe Gly Glu Ala Asn Ala Ile Leu
100 105 110

Ala Gly Asp Ala Leu Gln Thr Leu Ala Phe Ser Ile Leu Ser Asp Ala
115 120 125

Asp Met Pro Glu Val Ser Asp Arg Asp Arg Ile Ser Met Ile Ser Glu
130 135 140

Leu Ala Ser Ala Ser Gly Ile Ala Gly Met Cys Gly Gly Gln Ala Leu
145 150 155 160

Asp Leu Asp Ala Glu Gly Lys His Val Pro Leu Asp Ala Leu Glu Arg
165 170 175

Ile His Arg His Lys Thr Gly Ala Leu Ile Arg Ala Ala Val Arg Leu
180 185 190

Gly Ala Leu Ser Ala Gly Asp Lys Gly Arg Arg Ala Leu Pro Val Leu
195 200 205

Asp Lys Tyr Ala Glu Ser Ile Gly Leu Ala Phe Gln Val Gln Asp Asp
210 215 220

Ile Leu Asp Val Val Gly Asp Thr Ala Thr Leu Gly Lys Arg Gln Gly
225 230 235 240

Ala Asp Gln Gln Leu Gly Lys Ser Thr Tyr Pro Ala Leu Leu Gly Leu
245 250 255

Glu Gln Ala Arg Lys Lys Ala Arg Asp Leu Ile Asp Asp Ala Arg Gln
260 265 270

Ser Leu Lys Gln Leu Ala Glu Gln Ser Leu Asp Thr Ser Ala Leu Glu
275 280 285

Ala Leu Ala Asp Tyr Ile Ile Gln Arg Asn Lys
290 295

<210> 37

<211> 900

<212> DNA

<213> Escherichia coli

<220>

<221> CDS

<222> (1).. (897)

<400> 37

atg gac ttt ccg cag caa ctc gaa gcc tgc gtt aag cag gcc aac cag 48

Met Asp Phe Pro Gln Gln Leu Glu Ala Cys Val Lys Gln Ala Asn Gln

1

5

10

15

| | |
|---|-----|
| gcg ctg agc cgt ttt atc gcc cca ctg ccc ttt cag aac act ccc gtg | 96 |
| Ala Leu Ser Arg Phe Ile Ala Pro Leu Pro Phe Gln Asn Thr Pro Val | |
| 20 25 30 | |
| gtc gaa acc atg cag tat ggc gca tta tta ggt ggt aag cgc ctg cga | 144 |
| Val Glu Thr Met Gln Tyr Gly Ala Leu Leu Gly Gly Lys Arg Leu Arg | |
| 35 40 45 | |
| cct ttc ctg gtt tat gcc acc ggt cat atg ttc ggc gtt agc aca aac | 192 |
| Pro Phe Leu Val Tyr Ala Thr Gly His Met Phe Gly Val Ser Thr Asn | |
| 50 55 60 | |
| acg ctg gac gca ccc gct gcc gcc gtt gaa tgc atc cac gct atg tca | 240 |
| Thr Leu Asp Ala Pro Ala Ala Ala Val Glu Cys Ile His Ala Met Ser | |
| 65 70 75 80 | |
| tta att cat gat gat tta ccg gca atg gat gat gac gat ctg cgt cgc | 288 |
| Leu Ile His Asp Asp Leu Pro Ala Met Asp Asp Asp Asp Leu Arg Arg | |
| 85 90 95 | |
| ggt ttg cca acc tgc cat gtg aag ttt ggc gaa gca aac gcg att ctc | 336 |
| Gly Leu Pro Thr Cys His Val Lys Phe Gly Glu Ala Asn Ala Ile Leu | |
| 100 105 110 | |
| gct ggc gac gct tta caa acg ctg gcg ttc tcg att tta agc gat gcc | 384 |
| Ala Gly Asp Ala Leu Gln Thr Leu Ala Phe Ser Ile Leu Ser Asp Ala | |
| 115 120 125 | |
| gat atg ccg gaa gtg tcg gac cgc gac aga att tcg atg att tct gaa | 432 |

Asp Met Pro Glu Val Ser Asp Arg Asp Arg Ile Ser Met Ile Ser Glu
130 135 140

ctg gcg agc gcc agt ggt att gcc gga atg tgc ggt ggt cag gca tta 480
Leu Ala Ser Ala Ser Gly Ile Ala Gly Met Cys Gly Gly Gln Ala Leu
145 150 155 160

gat tta gac gcg gaa ggc aaa cac gta cct ctg gac gcg ctt gag cgt 528
Asp Leu Asp Ala Glu Gly Lys His Val Pro Leu Asp Ala Leu Glu Arg
165 170 175

att cat cgt cat aaa acc ggc gca ttg att cgc gcc gcc gtt cgc ctt 576
Ile His Arg His Lys Thr Gly Ala Leu Ile Arg Ala Ala Val Arg Leu
180 185 190

ggt gca tta agc gcc gga gat aaa gga cgt cgt gct ctg ccg gta ctc 624
Gly Ala Leu Ser Ala Gly Asp Lys Gly Arg Arg Ala Leu Pro Val Leu
195 200 205

gac aag tat gca gag agc atc ggc ctt gcc ttc cag gtt cag gat gac 672
Asp Lys Tyr Ala Glu Ser Ile Gly Leu Ala Phe Gln Val Gln Asp Asp
210 215 220

atc ctg gat gtg gtg gga gat act gca acg ttg gga aaa cgc cag ggt 720
Ile Leu Asp Val Val Gly Asp Thr Ala Thr Leu Gly Lys Arg Gln Gly
225 230 235 240

gcc gac cag caa ctt ggt aaa agt acc tac cct gca ctt ctg ggt ctt 768
Ala Asp Gln Gln Leu Gly Lys Ser Thr Tyr Pro Ala Leu Leu Gly Leu
245 250 255

gag caa gcc cgg aag aaa gcc cgg gat ctg atc gac gat gcc cgt cag 816
 Glu Gln Ala Arg Lys Lys Ala Arg Asp Leu Ile Asp Asp Ala Arg Gln
 260 265 270

tcg ctg aaa caa ctg gct gaa cag tca ctc gat acc tcg gca ctg gaa 864
 Ser Leu Lys Gln Leu Ala Glu Gln Ser Leu Asp Thr Ser Ala Leu Glu
 275 280 285

gcg cta gcg gac tac atc atc cag cgt aat aaa taa 900
 Ala Leu Ala Asp Tyr Ile Ile Gln Arg Asn Lys
 290 295

<210> 38

<211> 299

<212> PRT

<213> Escherichia coli

<400> 38

Met Asp Phe Pro Gln Gln Leu Glu Ala Cys Val Lys Gln Ala Asn Gln
 1 5 10 15

Ala Leu Ser Arg Phe Ile Ala Pro Leu Pro Phe Gln Asn Thr Pro Val
 20 25 30

Val Glu Thr Met Gln Tyr Gly Ala Leu Leu Gly Gly Lys Arg Leu Arg
 35 40 45

Pro Phe Leu Val Tyr Ala Thr Gly His Met Phe Gly Val Ser Thr Asn

50

55

60

Thr Leu Asp Ala Pro Ala Ala Ala Val Glu Cys Ile His Ala Met Ser

65

70

75

80

Leu Ile His Asp Asp Leu Pro Ala Met Asp Asp Asp Asp Leu Arg Arg

85

90

95

Gly Leu Pro Thr Cys His Val Lys Phe Gly Glu Ala Asn Ala Ile Leu

100

105

110

Ala Gly Asp Ala Leu Gln Thr Leu Ala Phe Ser Ile Leu Ser Asp Ala

115

120

125

Asp Met Pro Glu Val Ser Asp Arg Asp Arg Ile Ser Met Ile Ser Glu

130

135

140

Leu Ala Ser Ala Ser Gly Ile Ala Gly Met Cys Gly Gly Gln Ala Leu

145

150

155

160

Asp Leu Asp Ala Glu Gly Lys His Val Pro Leu Asp Ala Leu Glu Arg

165

170

175

Ile His Arg His Lys Thr Gly Ala Leu Ile Arg Ala Ala Val Arg Leu

180

185

190

Gly Ala Leu Ser Ala Gly Asp Lys Gly Arg Arg Ala Leu Pro Val Leu

195

200

205

Asp Lys Tyr Ala Glu Ser Ile Gly Leu Ala Phe Gln Val Gln Asp Asp

210

215

220

Ile Leu Asp Val Val Gly Asp Thr Ala Thr Leu Gly Lys Arg Gln Gly

225

230

235

240

Ala Asp Gln Gln Leu Gly Lys Ser Thr Tyr Pro Ala Leu Leu Gly Leu

245

250

255

Glu Gln Ala Arg Lys Lys Ala Arg Asp Leu Ile Asp Asp Ala Arg Gln

260

265

270

Ser Leu Lys Gln Leu Ala Glu Gln Ser Leu Asp Thr Ser Ala Leu Glu

275

280

285

Ala Leu Ala Asp Tyr Ile Ile Gln Arg Asn Lys

290

295

<210> 39

<211> 894

<212> DNA

<213> *Bacillus stearothermophilus*

<400> 39

gtggcgcagc tttcagtiga acagtttctc aacgagcaaa aacaggcggg ggaaacagcg 60

ctctcccgtt atatagagcg cttagaaggg ccggcgaagc tgaaaaaggc gatggcgtag 120

tcattggagg ccggcggcaa acgaatccgt ccgttgctgc ttctgtccac cgttcgggcg 180

ctcggcaaag acccggcggt cggattgccc gtcgcctgcg cgattgaaat gatccatacg 240
atgtctttga ttcatgatga ttigccgagc atggacaacg atgatttgcg gcgcggcaag 300
ccgacgaacc ataaagtgtt cggcgaggcg atggccatct tggcggggga cgggttggtg 360
acgtacgcgt ttcaattgat caccgaaatc gacgatgagc gcatccctcc ttccgtccgg 420
cttcggctca tcgaacggct ggcgaaagcg gccggtcgga aagggatggt cgccggtcag 480
gcagccgata tggaaggaga ggggaaaacg ctgacgcttt cggagctcga atacattcat 540
cggcataaaa ccgggaaaat gctgcaatac agcgtgcacg ccggcgccctt gatcggcggc 600
gctgatgccc ggcaaacgcg ggagcttgac gaattcgccg cccatctagg ccttgccctt 660
caaattcgcg atgatattct cgatattgaa ggggcagaag aaaaaatcgg caagccggtc 720
ggcagcgacc aaagcaacaa caaagcgacg tatccagcgt tgctgtcgct tgccggcgcg 780
aaggaaaagt tggcgttcca tatcgaggcg gcgcagcgcc atttacggaa cgccgacgtt 840
gacggcgccg cgctcgcta tatttgcgaa ctggtcgccc cccgcgacca ttaa 894

<210> 40

<211> 30

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 40

tgcatctcga gggccgcatc atgtaattag

30

<210> 41

<211> 32

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 41

cattagggcc cggccgcaaa ttaaagcctt cg

32

<210> 42

<211> 33

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 42

cacggagctc cagttcgagt ttatcattat caa

33

<210> 43

<211> 35

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 43

ctctccgcgg ttgtttgtt tatgtgtgtt tattc

35

<210> 44

<211> 34

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 44

ccgcgagctc ttaccataa ggttgtttgt gacg

34

<210> 45

<211> 36

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 45

ctttccgcgg gtttagttaa ttatagttcg ttgacc

36

<210> 46

<211> 23

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 46

atggcttcag aaaaagaaat tag

23

<210> 47

<211> 23

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 47

ctatttgctt ctcttgtaaa ctt

23

<210> 48

<211> 28

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 48

tgaggcatgc aatttccgca gcaactcg

28

<210> 49

<211> 28

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 49

tcagaattca tcaggggcct attaatatc

28

<210> 50

<211> 23

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 50

atggaggcca agatagatga gct

23

<210> 51

<211> 23

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 51

tcacaattcg gataagtggt cta

23

<210> 52

<211> 32

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 52

tccccgcgga tgtctcagaa cgtttacatt gt

32

<210> 53

<211> 33

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 53

tgctctagat catatctttt caatgacaat gga

33

<210> 54

<211> 25

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 54

atgaaactct caactaaact ttgtt

25

<210> 55

<211> 25

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 55

gttcagcaag atgcaatcga tgggg

25

<210> 56

<211> 23

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 56

atgccgccgc tattcaaggg act

23

<210> 57

<211> 23

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 57

ttaggattta atgcaggtga cgg

23

<210> 58

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 58

ccaaataaag actccaacac tctattt

27

<210> 59

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 59

gaattagaag cattattaag tagtgga

27

<210> 60

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 60

ggattttaacg cacatgcagc taattta

27

<210> 61

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 61

gtctgcttgg gttacatttt ctgaaaa

27

<210> 62

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 62

cataccagtt atactgcaga ccaattg

27

<210> 63

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 63

gaatactcat taaagcaaat ggtagaa

27

<210> 64

<211> 31

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 64

aactgcagat gtcattaccg ttcttaactt c

31

<210> 65

<211> 31

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 65

ccgagctctt atgaagtcca tggtaaattc g

31

<210> 66

<211> 31

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 66

aactgcagat gtcattaccg ttcttaactt c

31

<210> 67

<211> 31

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 67

ccgagctctt atgaagtcca tggtaaattc g

31

<210> 68

<211> 31

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 68

aactgcagat gaccgtttac acagcatccg t

31

<210> 69

<211> 31

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 69

cggaattctt attcctttgg tagaccagtc t

31

<210> 70

<211> 23

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 70

atgactgccg acaacaatag tat

23

<210> 71

<211> 23

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 71

ttatagcatt ctatgaattt gcc

23

<210> 72

<211> 32

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 72

tccccgcgga tgcaaacgga acacgtcatt tt

32

<210> 73

<211> 33

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 73

tgctctagat tatttaagct gggtaaagc aga

33

<210> 74

<211> 45

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 74

atcatgaatt aatgagtcag cgtggatgca ttcaacggcg gcagc

45

<210> 75

<211> 45

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 75

atcatgaatt aatgattcag cgtggatgca ttcaacggcg gcagc

45

<210> 76

<211> 45

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 76

atcatgaatt aatgacatag cgtggatgca ttcaacggcg gcagc

45

<210> 77

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 77

tttcagtcct ttgaatagcg gcggcat

27

<210> 78

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 78

cacaaaatca agattgccca gtagtgc

27

<210> 79

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 79

agaagatacg gatttccttt ctgctt

27

<210> 80

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 80

aactttggtg caaatgggt caatgat

27

<210> 81

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 81

ttgctcttta aagtttcag aggcatt

27

<210> 82

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 82

gcattattaa gtagtggaaa tacaaaa

27

<210> 83

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 83

cctttgtacg ctttgagaa aaaatta

27

<210> 84

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 84

tctgatcggtt taccatataa aaattat

27

<210> 85

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 85

aaggatggta tgacaagagg cccagta

27

<210> 86

<211> 16

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 86

tttccgcgga aacatg

16

<210> 87

<211> 14

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 87

aattgacggc cgtc

14

<210> 88

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 88

ggccgcaaat taaagccttc gagcgtc

27

<210> 89

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 89

acggattaga agccgccgag cgggtga

27

<210> 90

<211> 33

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 90

gccgttgaca gaggggtccga gctcgggtacc aag

33

<210> 91

<211> 34

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 91

catactgacc cattgtcaat gggtaataac tgat

34

<210> 92

<211> 18

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 92

tgtccggtaa atggagac

18

<210> 93

<211> 18

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 93

tggtctcgct gctcgttt

18

<210> 94

<211> 19

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 94

atgggaaagc tattacaat

19

<210> 95

<211> 18

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 95

caaggttgca atggccat

18

<210> 96

<211> 19

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 96

caatgtaggg ctatatatg

19

<210> 97

<211> 18

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 97

aacttgggga atggcaca

18

<210> 98

<211> 21

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 98

tctcgaaaaa gggtttgcca t

21

<210> 99

<211> 21

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 99

tcactaggtg taaagagggc t

21

<210> 100

<211> 21

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 100

tggtgaagct tgcatgcctg c

21

<210> 101

<211> 21

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 101

ttgtaaaacg acggccagtg a

21

<210> 102

<211> 21

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 102

atggaggcca agatagatga g

21

<210> 103

<211> 21

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 103

tcacaattcg gataagtggc c

21

<210> 104

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 104

tcctaattgcc aagaaaacag ctgtcac

27

<210> 105

<211> 21

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 105

atggcaaacc ctttttcgag a

21

<210> 106

<211> 21

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 106

agccctcttt acacctagtg a

21

<210> 107

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 107

tccccgcgga tggaggccaa gatagat

27

<210> 108

<211> 27

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 108

caactcgagt cacaattcgg ataagtg

27

<210> 109

<211> 38

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 109

gctctagagt tcgtcgtgtt tgcttctctt gtaaactt

38

<210> 110

<211> 32

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 110

tatctcgagt cacaattcgt catgtaaatt gg

32

<210> 111

<211> 28

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 111

gcagggaccc caattcggat aagtggtc

28

<210> 112

<211> 28

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 112

gtaggggtccc tggaggccaa gatagatg

28

<210> 113

<211> 29

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 113

gcagggaccc ttgcttctc ttgtaaact

29

<210> 114

<211> 29

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 114

gtagggtcct cagaaaaaga aattaggag

29

<210> 115

<211> 18

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 115

tgtaaaacga cggccagt

18

<210> 116

<211> 20

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 116

taatacgact cactataggg

20

<210> 117

<211> 38

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 117

gctctagagt tcgtcgtgtt tgcttctctt gtaaactt

38

<210> 118

<211> 32

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:Synthetic DNA

<400> 118

tatctcgagt cacaattcgt catgtaaatt gg

32

<210> 119

<211> 18

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:synthetic DNA

<400> 119

acggtaagaa atccaagc

18

<210> 120

<211> 18

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:synthetic DNA

<400> 120

tatgagtcgg caccact

18

<210> 121

<211> 10

<212> PRT

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:synthetic
peptide

<400> 121

Cys Tyr Ile Ile Asp His Leu Ser Glu Leu

1

5

10

<210> 122

<211> 10

<212> PRT

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:synthetic

peptide

<400> 122

Cys Leu Asn Lys Val Tyr Lys Arg Ser Lys

1

5

10

<210> 123

<211> 21

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:synthetic

DNA

<400> 123

ttttaagagc ttggtgagcg c

21

<210> 124

<211> 21

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:synthetic

DNA

<400> 124

tcgagttcaa gagaaaaaaaa a

21

<210> 125

<211> 21

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:synthetic
DNA

<400> 125

ttcaattcat catttttttt t

21

<210> 126

<211> 21

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:synthetic
DNA

<400> 126

gggtaataac tgatataatt a

21

<210> 127

<211> 21

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:synthetic
DNA

<400> 127

atggattcta gaacagttgg t

21

<210> 128

<211> 21

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:synthetic
DNA

<400> 128

ttacttgttt tctagataag c

21

<210> 129

<211> 21

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:synthetic
DNA

<400> 129

atgactaacg aaaaggtctg g

21

<210> 130

<211> 21

<212> DNA

<213> Artificial Sequence

<220>

<223> Description of Artificial Sequence:synthetic
DNA

<400> 130

ttaagctgct gcggagcttc c

21

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/11214

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl⁷ C12N15/52, C12P7/04, C12N1/19, C12N1/21

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl⁷ C12N15/52, C12P7/04, C12N1/19, C12N1/21

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

WPIDS/BIOSIS/BIOTECHABS/CA (STN)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|---------------|--|-----------------------------|
| <u>X</u> A | Anderson M.S. et al., Farnesyl diphosphate synthetase, J.Biol.Chem., 1989, Vol.264, No.32, pages 19176 to 19184 | <u>14-23</u> 1-13, 24-47 |
| <u>X</u> A | WO, 00/01650, A1 (DCV, Inc. doing business as Bio-Technical Resources), 30 January, 2000 (30.01.00), & EP 1095002 A1 & AU 9948630 A | <u>14-47</u> 1-13 |
| A | Plochocka D. et al., The role of ERG20 gene (encoding yeast farnesyl diphosphate synthase) mutation in long dolichol formation. Molecular modeling of FPP synthase, Biochimie, 2000 Aug., Vol.82, No.8, pages 733 to 738 | 1-47 |
| A | Blanchard L. et al., Characterization of a lysine-to- glutamic acid mutation in a conservative sequence of farnesyl diphosphate synthase from Saccharomyces cerevisiae, Gene, 1993, Vol.125, No.2, pages 185 to 189 | 1-47 |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
 "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
 "E" earlier document but published on or after the international filing date
 "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
 "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
 "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
 "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
 "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
 "&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
08 April, 2002 (08.04.02)

Date of mailing of the international search report
16 April, 2002 (16.04.02)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/11214

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| A | Chabon C. et al., Isolation and properties of yeast mutants affected in farnesyl diphosphate synthetase, Curr.Genet., 1990, Vol.18, pages 41 to 46 | 1-47 |

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/11214

Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 1 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
2. ☐ Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:
3. ☐ Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 2 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
(See extra sheet.)

1. ☒ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
4. ☐ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
☒ No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP01/11214

Continuation of Box No.II of continuation of first sheet(1)

The matter common to the inventions as set forth in claims 1 and 14 resides in enzymes relating to the synthesis of prenyl diphosphate.

However these enzymes had been already known and thus the above-described common matter cannot be considered as a special technical feature in the meaning as defined in the second sentence of PCT Rule 13.2, i.e., technical features that define a contribution which each of the claimed inventions, considered as a whole, makes over the prior art.

The matter common to the inventions as set forth in claims 1 and 24 resides in producing prenyl alcohol by using organisms.

As Curr. Genet., 1990, Vol.18, p.41-46 shows, however, it had been already known to obtain farnesol, which is one of prenyl alcohols, by culturing a squalene synthase gene-deficient strain. Thus the above-described common matter cannot be considered as a special technical feature in the meaning as defined in the second sentence of PCT Rule 13.2, i.e., technical features that define a contribution which each of the claimed inventions, considered as a whole, makes over the prior art.

Such being the case, it does not appear that there is a technical relationship between the inventions as set forth in claims 1, 14 and 24 and thus the requirement of unity of invention is not satisfied.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ C12N15/52, C12P7/04, C12N1/19, C12N1/21

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl¹ C12N15/52, C12P7/04, C12N1/19, C12N1/21

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

WPIDS/BIOSIS/BIOTECHABS/CA (STN)

C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
|-----------------|--|-----------------------------|
| <u>X</u> A | Anderson M. S. et al., Farnesyl diphosphate synthetase, J. Biol. Chem., 1989, Vol. 264, No. 32, p. 19176-19184 | <u>14-23</u> 1-13, 24-47 |
| <u>X</u> A | WO 00/01650 A1 (DCV, INC. doing business as BIO-TECHNICAL RESOURCES) 2000.01.30 & EP 1095002 A1 & AU 9948630 A | <u>14-47</u> 1-13 |
| A | Plochocka D. et al., The role of ERG20 gene (encoding yeast farnesyl diphosphate synthase) mutation in long dolichol formation. Molecular modeling of FPP synthase, Biochimie, 2000 Aug., Vol. 82, No. 8, p. 733-738 | 1-47 |

☒ C欄の続きにも文献が列举されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

08.04.02

国際調査報告の発送日

16.04.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号 100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

深草 亜子



4B

9548

電話番号 03-3581-1101 内線 3448

| C (続き) 関連すると認められる文献 | | |
|---------------------|--|------------------|
| 引用文献の カテゴリー* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示 | 関連する 請求の範囲の番号 |
| A | Blanchard L. et al., Characterization of a lysine-to-glutamic acid mutation in a conservative sequence of farnesyl diphosphate synthase from <i>Saccharomyces cerevisiae</i> , Gene, 1993, Vol. 125, No. 2, p. 185-189 | 1-47 |
| A | Chabon C. et al., Isolation and properties of yeast mutants affected in farnesyl diphosphate synthetase, Curr. Genet., 1990, Vol. 18, p. 41-46 | 1-47 |

第I欄 請求の範囲の一部の調査ができないときの意見 (第1ページの2の続き)

法第8条第3項(PCT17条(2)(a))の規定により、この国際調査報告は次の理由により請求の範囲の一部について作成しなかった。

1. ☐ 請求の範囲 _____ は、この国際調査機関が調査をすることを要しない対象に係るものである。
つまり、
2. ☐ 請求の範囲 _____ は、有意義な国際調査をすることができる程度まで所定の要件を満たしていない国際出願の部分に係るものである。つまり、
3. ☐ 請求の範囲 _____ は、従属請求の範囲であってPCT規則6.4(a)の第2文及び第3文の規定に従って記載されていない。

第II欄 発明の単一性が欠如しているときの意見 (第1ページの3の続き)

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるところこの国際調査機関は認めた。

請求項1、14に係るそれぞれの発明に共通の事項は、プレニルニリン酸合成に関連する酵素である。

しかし、これらの酵素は既に知られているから、上記共通の事項はPCT規則13.2の第2文の意味において、特別な技術的特徴、すなわち各発明が全体として先行技術に対して行う貢献を明示する技術的特徴でない。

請求項1、24に係るそれぞれの発明に共通の事項は、生物を用いてプレニルアルコールを製造することである。

(特別ページに続く)

1. ☒ 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求の範囲について作成した。
2. ☐ 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求の範囲について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求の範囲のみについて作成した。
4. ☐ 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったため、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求の範囲について作成した。

追加調査手数料の異議の申立てに関する注意

- ☐ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあった。
☒ 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがなかった。

第Ⅱ欄の続き

しかし、Curr. Genet., 1990, Vol. 18, p. 41-46にも記載されているように、スクアレン合成酵素遺伝子欠損株を培養して、プレニルアルコールの1つであるファルネソールを得ることが、既に知られているから、上記共通の事項はPCT規則13.2の第2文の意味において、特別な技術的特徴、すなわち各発明が全体として先行技術に対して行う貢献を明示する技術的特徴でない。

したがって、請求項1、14、24に係るそれぞれの発明の間にPCT規則13.2の意味における技術的な関係はなく、発明の単一性の要件は満たされていない。